

التقييم الزلزالي للمباني القائمة

Seismic Evaluation of Existing Buildings



دكتور مهندس

إبراهيم محمد متولي

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

دكتور مهندس

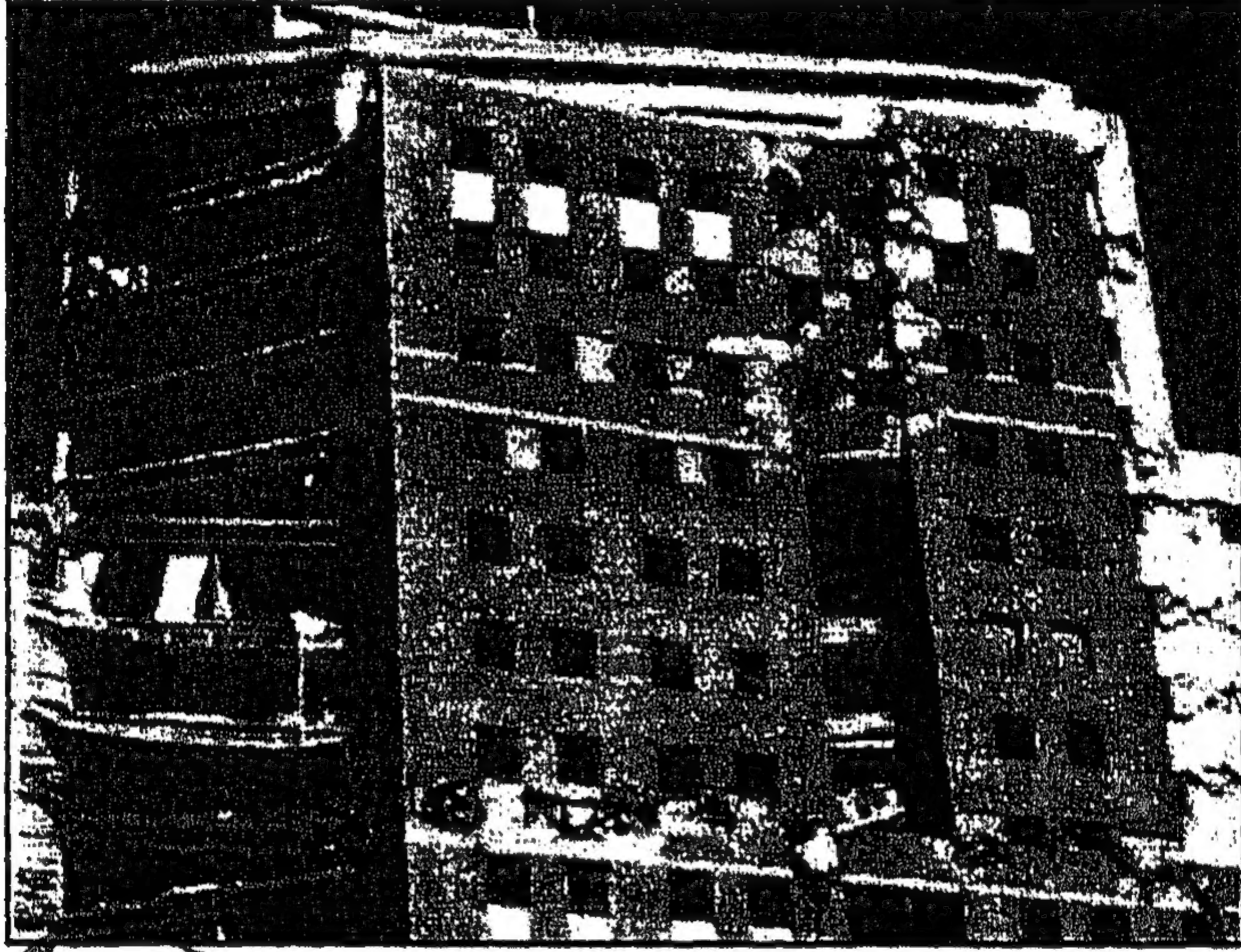
سامح عبد العزيز البيطار

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

مكتبة دار المعرفة

التقييم الزلزالي للمباني القائمة

Seismic Evaluation of Existing Buildings



دكتور مهندس

إبراهيم محمد متولي

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

دكتور مهندس

سامح عبد العزيز البيطار

أستاذ م. المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

مكتبة دار المعرفة

اسم الكتاب : التقييم الزلزالي للمباني القائمة

اسم المؤلف : د.م. سامح عبد العزيز البيطار

د.م. إبراهيم محمد متولي

الناشر : مكتبة دار المعرفة

رقم الايداع بدار الكتب : 2013/23620

الترقيم الدولي : 978-977-3510-20-0

© حقوق النشر والطبع والتوزيع محفوظة لمكتبة دار المعرفة - 2013

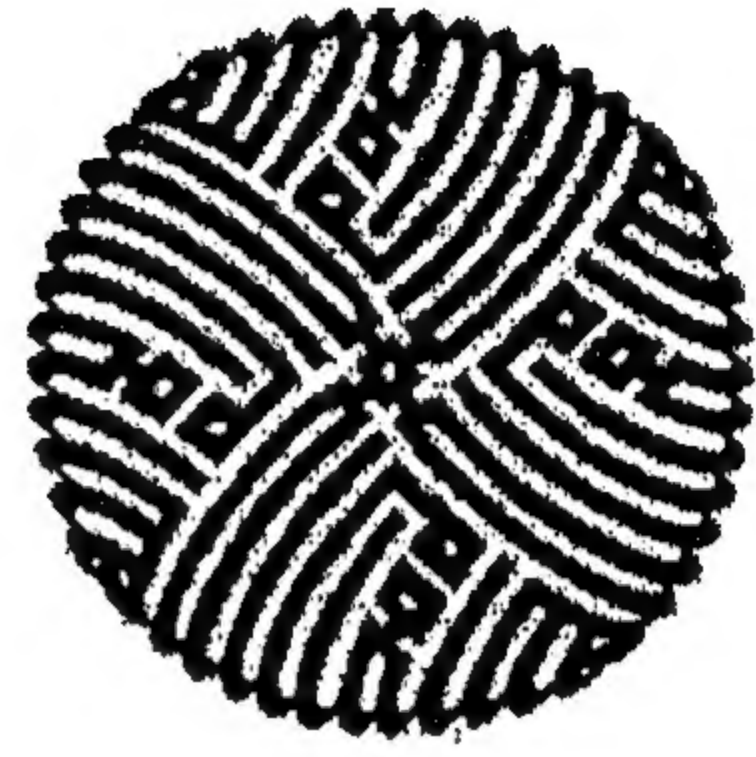
لا يجوز نشر الجزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو اختصاره بقصد الطباعة أو اختزان مادته العلمية أو نقله بأي طريقة سواء كانت إلكترونية أو ميكانيكية أو بالتصوير أو خلاف ذلك دون موافقة خطيه من الناشر مقدماً .

مكتبة دار المعرفة

٨ شارع يوسف الزيني - أمام هندسة عين شمس ☎ ٢٤٨٥٠٣١٠

٤ شارع السرايات - أمام هندسة عين شمس ☎ ٢٦٨٤٤٠٤٣

e-mail : dar_elmaarefa@yahoo.com



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



المقدمة

تعتبر الزلازل من الظواهر الطبيعية التي تحدث في أماكن عديدة من العالم إلا أن حدوثها بالقرب من مناطق مأهولة تسبب خسائر مادية و بشرية كبيرة حيث تلاحظ أن أغلب الضحايا البشرية لا تكون بسبب تحرك الأرض من الزلازل و لكن من تهدم المنشآت أو سقوط الأشياء الثقيلة من المباني

و يمكن حصر المخاطر الزلزالية في الآتي : * اهتزاز سطح الأرض - * تشقق سطح الأرض و ارتفاع او انخفاض مناطق من سطح الأرض في حالة الزلازل القوية - * الانهيارات الأرضية - * الطوفانات البحرية الزلزالية - * الحرائق.

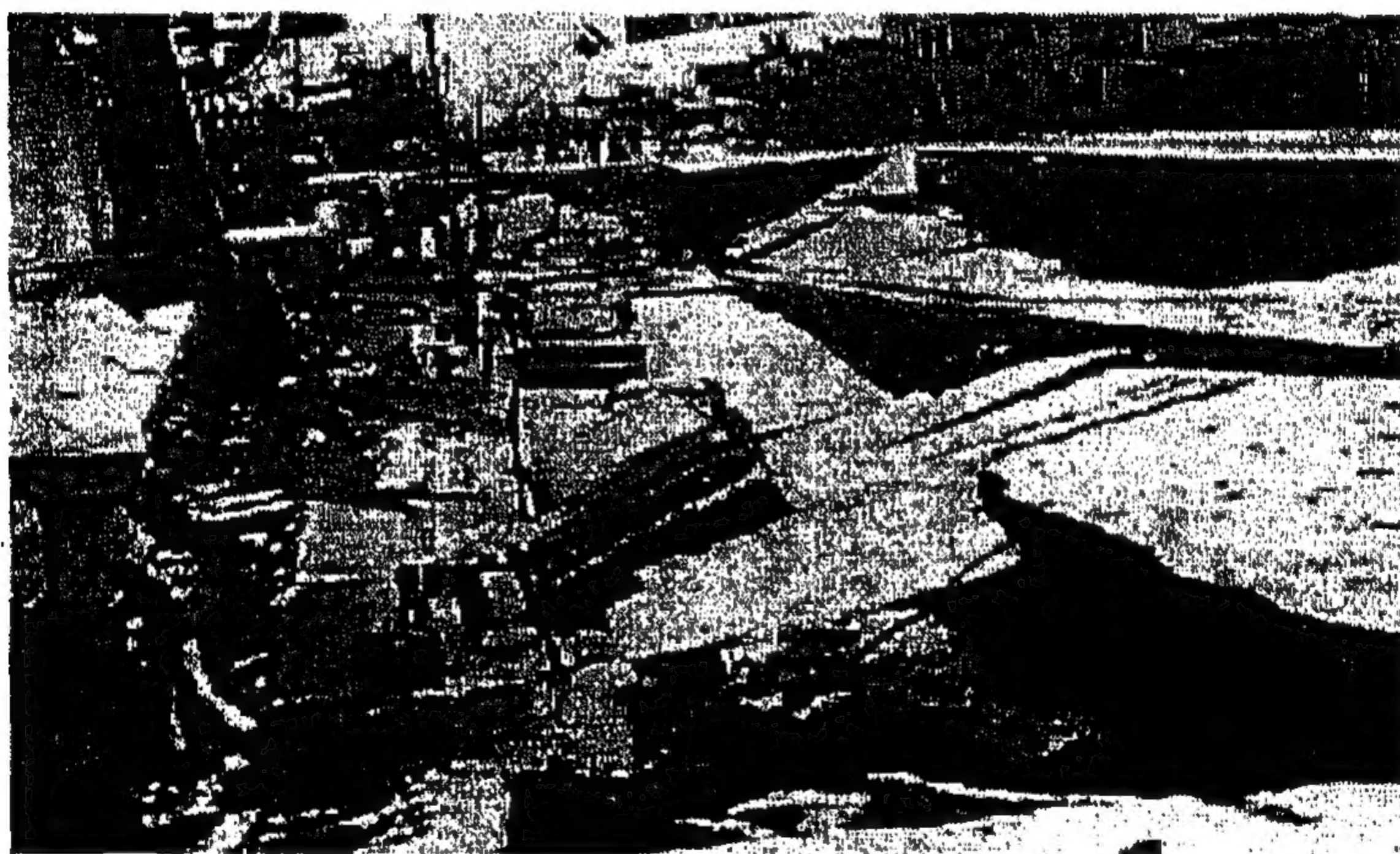
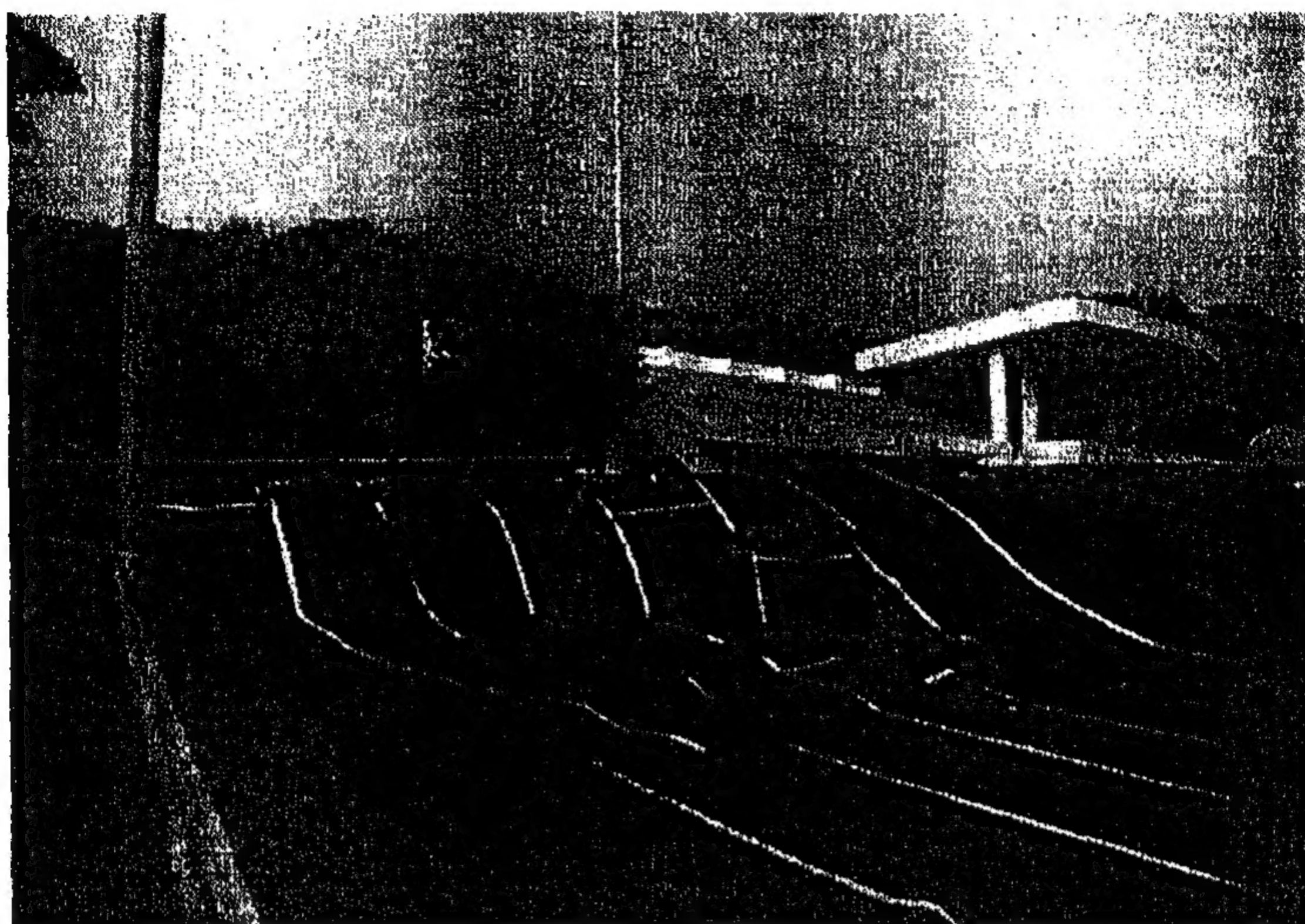
و الدول التي تعاني من ضربات الزلازل المتكررة تولى اهتماما بالحد من مخاطر الزلازل و لكن في معظم الدول النامية تزداد الخسائر البشرية و المادية نتيجة الزلازل بسبب قلة الوعي بالمخاطر الزلزالية، وضعف المباني، بالإضافة إلى الكثافة السكانية المرتفعة في هذه الدول.



شكل (١) انهيار المباني من حركة الأرض



شكل (٢) انهيار المباني نتيجة تسيل التربة



شكل (٣ ، ٤) ارتفاع و انخفاض سطح الأرض



شكل (٥) الطوفانات البحرية (التسونامي)



شكل (٦) الحرائق المصاحبة للزلازل

و لعدم إمكانية التنبؤ بالزلازل أصبحت الوسيلة الأساسية لتقليل الخسائر هي إقامة الأبنية المقاومة للزلازل حيث أثبتت النتائج المستخلصة من الزلازل الحديثة أن المنشآت المصممة و المنفذة بالشكل الصحيح قادرة على مقاومة الزلازل حتى العنيفة منها بدون أن تنهار و هذا ما يجرى في أغلب الدول من تطوير لكودات تصميم المباني بوضع الإشتراطات المقاومة للزلازل. و لكن توجد شكوك حول كفاءة المباني القائمة لمقاومة الزلازل و التي لم يراعى بها هذه الإشتراطات مما يظهر الحاجة إلى تقييم الخطورة الزلزالية للمنشآت القائمة لتجنب أى مخاطر قد تحدث.

و في هذه الدراسة نلقى الضوء على اسباب حدوث الزلازل و كيفية تأثير الموجات الزلزالية على المباني الخرسانية و مباني الحوائط الحاملة و هما يشكلان أغلب المباني في مصر و كذلك نتناول أهم العوامل المؤثرة على السلوك الزلزالي للمباني كما نستعرض أفضل الطرق العالمية المستخدمة في مجال التقييم الزلزالي للمباني القائمة. و اخيرا نتناول الدراسة المؤشرات الدالة على حدوث الزلازل مع إيضاح التصرف الأمثل للجمهور تجاه الزلازل.



تعود دراسة الزلازل إلى عدة قرون و ترجع السجلات المكتوبة عن الزلازل في الصين إلى ما قبل ٣٠٠٠ سنة. كما تعود السجلات عن الزلازل في اليابان وفي شرق حوض البحر المتوسط إلى حوالي ١٦٠٠ سنة بينما يعود تاريخ الزلازل في مصر إلى ٢٢٠٠ قبل الميلاد. أما السجل التاريخي للزلازل في الولايات المتحدة الأمريكية فهو أقصر بكثير إذا يقارب نحو ٣٥٠ سنة ، و لمعرفة أسباب الزلازل يجب معرفة تركيب الأرض .

الأرض هي إحدى كواكب المجموعة الشمسية و تغطي المياه ٧٠.٨ % من سطح الأرض و يصل متوسط ارتفاع اليابسة إلى كيلو متر واحد فوق سطح البحر و يبلغ متوسط عمق المحيطات إلى حوالي أربعة كيلو مترات. و لقد تعددت النظريات التي بحثت في نشأة الأرض ضمن مجموعة الكواكب الشمسية و ذلك من مطلع القرن الثامن عشر إلا أن التفسير السائد هو أن كوكب الأرض في بداية تكوينه كان في حالة شبه غازية و بدرجة حرارة مرتفعة تبلغ عدة آلاف من الدرجات المئوية. و نتيجة للقوى الطاردة المركزية الناشئة عن الدوران تم تشكيل الأرض في هيئة كروية و بمرور الوقت الذي يقدر بمئات الملايين من السنوات أخذت درجة حرارة السطح الخارجي في التناقص بمعدلات كبيرة حتى وصلت إلى المعدلات الحالية ، و كان هذا التناقص أقل بكثير كلما اتجهنا إلى جوف الأرض الذي لا يزال يحتفظ بالحرارة المرتفعة. و نتيجة لتناقص درجة الحرارة تصلب الغلاف الخارجي للأرض في هيئة صخرية صلبة بينما تقل هذه الصلابة كلما اتجهنا إلى باطن الأرض حيث الجوف الملتهب و تلك الطاقة الحرارية تولد قوى و ضغوطا هائلة تؤدي في النهاية إلى تشقق سطح الأرض و زحزحته و تحركه و بالتالي تتقارب أجزاء من سطح الأرض و تتباعد أجزاء أخرى.

و تتكون الأرض من :

١ - القشرة

و هى الطبقة السطحية الصلبة الرقيقة نسبيا و يبلغ متوسط سمكها فى المناطق القارية ٣٣ كيلو متر بينما يصل السمك إلى ٧٠ كيلو متر فى مناطق الجبال و يقل متوسط القشرة إلى نحو عشرة كيلو مترات تحت المحيطات. و من الملاحظ أن صخور طبقة القشرة تتغلغل فى النطاق السفلى (الوشاح) و ذلك تحت الجبال فى المناطق القارية مكونة جذورا عميقة تساعد على تثبيت الكتل الجبلية المرتفعة

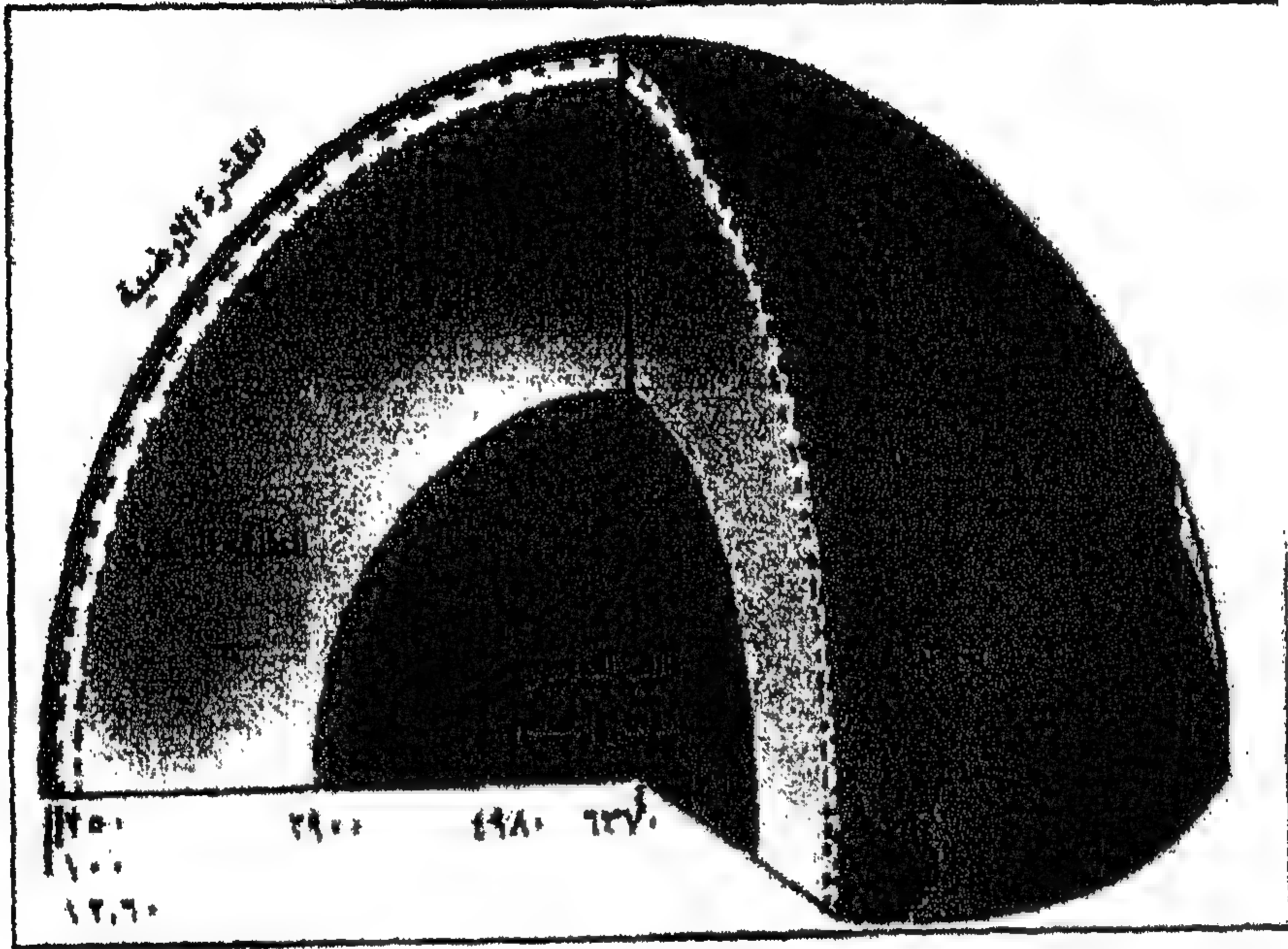
٢ - الوشاح

و هى المنطقة من باطن الأرض التى تقع بين القشرة و النواة و يشكل ٦٠ % من كتلة الأرض و ٨٤ % من حجمها و يقع الحد السفلى له عند عمق ٢٩٠٠ كيلو متر. و على الرغم من أن الصخور المكونة للوشاح ذات طبيعة صلبة إلا أنها أقل صلابة من صخور القشرة بحيث تكون لها القدرة على التدفق و الانسياب تحت الحرارة و الضغط المرتفعين ، و توصف هذه الصخور بأنها لدنة. و تشكل القشرة الأرضية مع الجزء العلوى من الوشاح (الأكثر صلابة) ما يسمى بالغلاف الصخرى للأرض (الليثوسفير) و يصل سمك هذا الغلاف إلى حواى ١٥٠ كيلو متر تحت القارات بينما يقل سمكة إلى ٥٠ كيلو متر تحت المحيطات و يتميز هذا الغلاف بصلابة صخوره المرتفعة نسبيا عن الغلاف الذى يقع اسفله و يسمى غلاف الانسياب.

٣ - اللب أو النواة

يبدأ السطح العلوى للنواة عند عمق ٢٩٠٠ كيلو متر و ينقسم إلى اللب الخارجى و مكوناته سائلة و كتله داخلية صلبة تسمى اللب الداخلى و عند الوصول الى مركز الأرض فإن الضغط يزداد الى ملايين المرات عما هو عليه فى سطح الأرض. و

ترجع صلابة اللب الداخلي إلى أن ازدياد الضغط يفوق زيادة الحرارة لذلك تتصلب مكوناته. أما في اللب الخارجي فإن الزيادة في الضغط و الحرارة يكونان متلازمين مما يبقى الحديد في حالته السائلة. (٢٥)



شكل (١-١) التركيب الداخلي للأرض

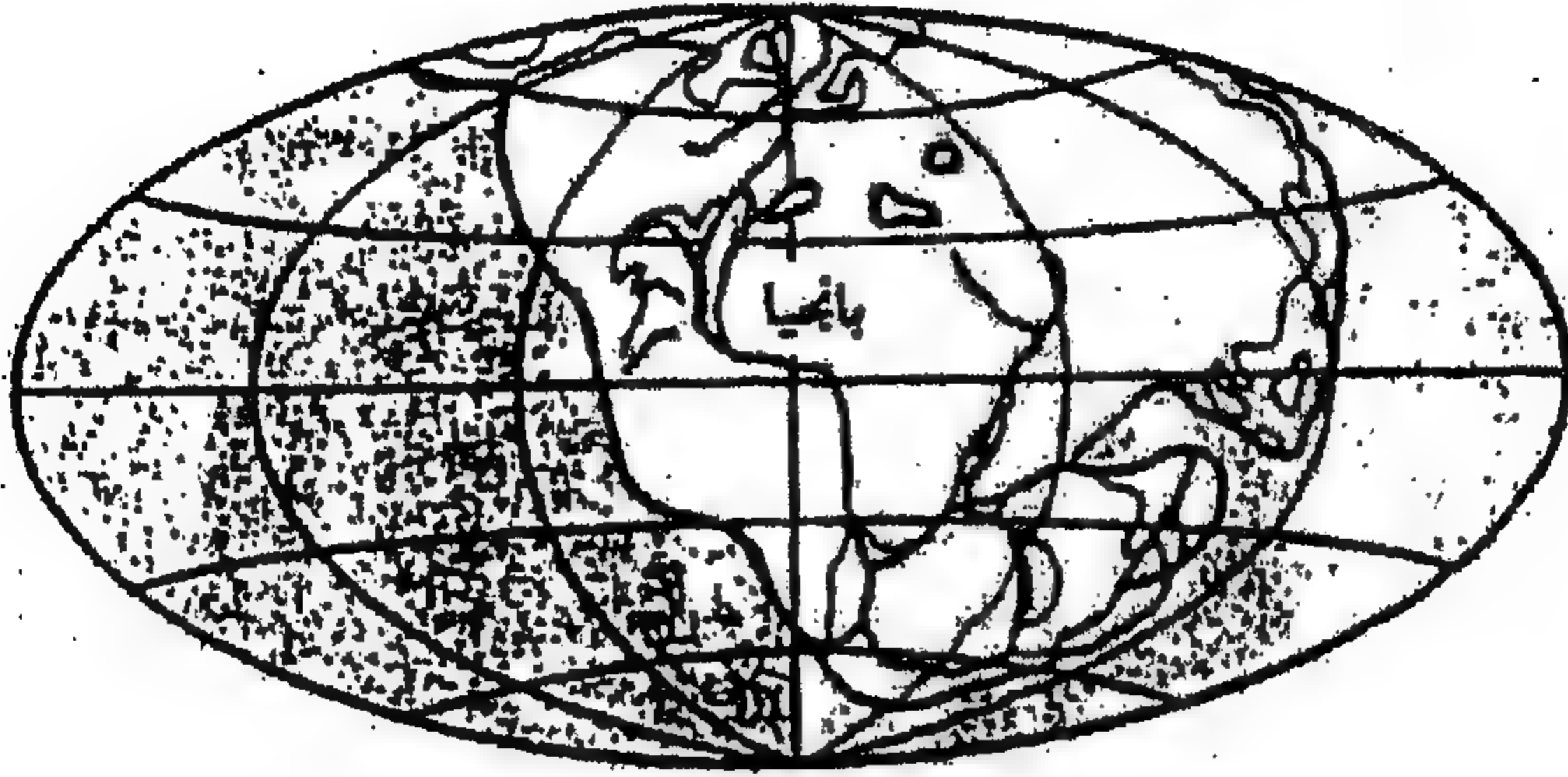
١-١ أسباب الزلازل

تحدث المئات من الزلازل كل يوم و لكن لأن معظمها صغير فأننا لا نعرف شيئاً عن هذه الزلازل دون مساعدة أجهزة قياس الزلازل الحساسة. ففي الزلازل اليومية ينزلق مستوى الصدع نحو ٦-٣ أقدام فقط؛ ولا يمكن للبشر أن يشعروا بهذه الاهتزازات. أما في الزلازل التي يكون قوتها ٥.٠ درجات فإن مستوى الصدع يتحرك نحو ميل أو اثنين؛ ويشعر الناس بسهولة بهذه الحركة. أما في الزلازل التي

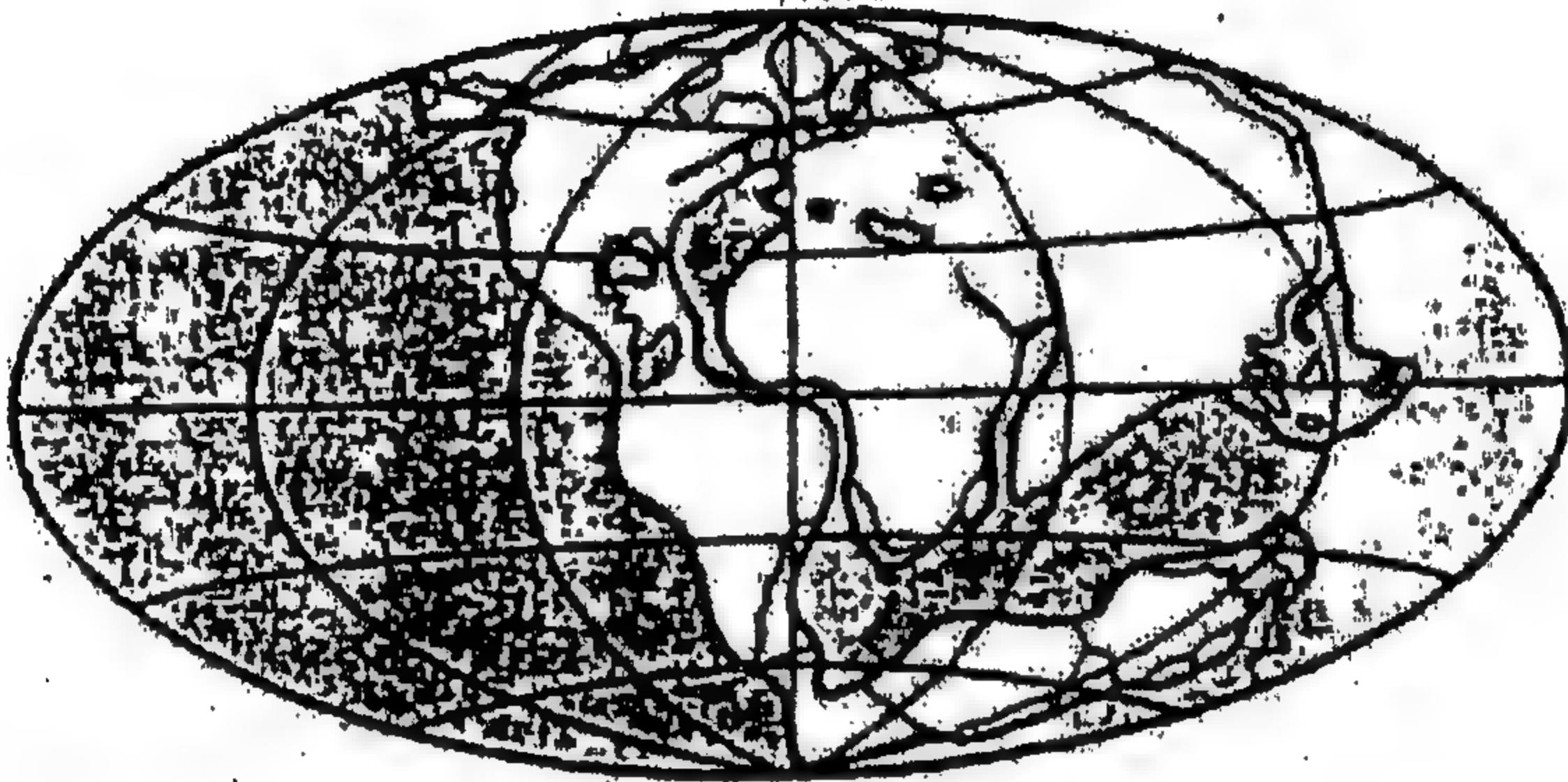
قدرها ٨.٠ درجات فإنّ الحركة تنتقل مئات الأميال عبر مستوى الصدع، ويمكن أن تمتد إلى سطح الأرض وقد تشطر بناء ما إلى نصفين.

نظرية الانجراف القارى

ترجع فكرة انفصال القارات إلى بداية القرن السابع عشر ، لكن تعتبر نظرية العالم النمساوى ألفريد فاجنر التى قدمها عام ١٩١٢ أول محاولة شبه متكاملة عن نظرية انفصال أو ترحزح القارات . حيث تنص على أن القارات كلها كانت كتلة واحدة و محاطة بمحيط واحد عظيم و منذ حوالى ٢١٠ مليون سنة بدأت الكتلة فى الإنقسام إلى كتل قارية منفصلة و استمرت هذه القارات فى الترحزح على مر العصور الجيولوجية حتى اتخذت الأوضاع التى هى عليها الان ، و ما زالت هذه القارات فى حالة حركة دائمة. و قد رأى فاجنر أن الكتل القارية (الأقل كثافة) فى حالة اتزان إستاتيكي مع الطبقة الموجودة أسفلها (الأعلى كثافة) كما تطفو الكتل الجليدية الضخمة فوق سطح الماء. (٢٤)



(أ)



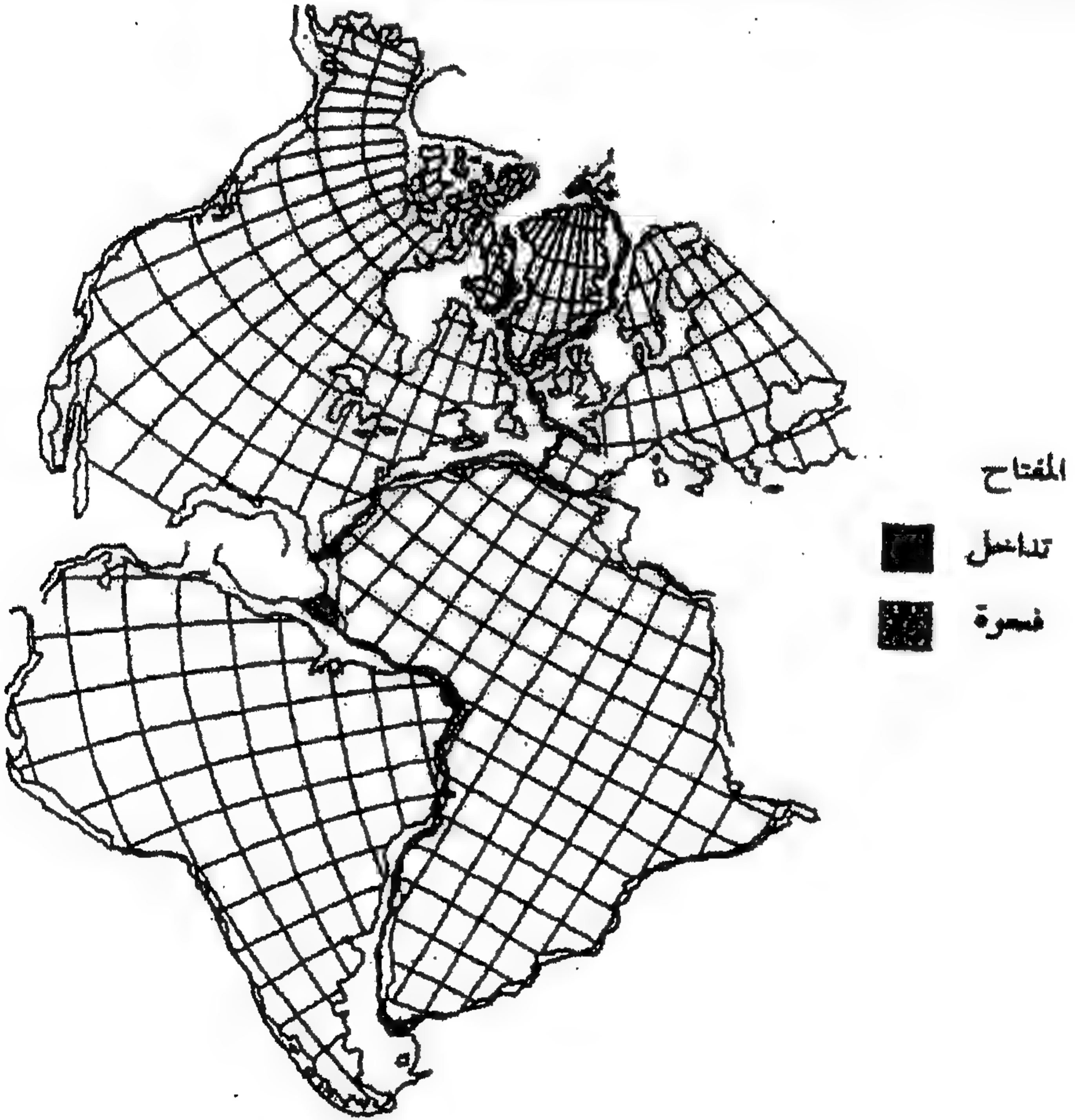
(ب)



(ج)

شكل (٢-١) : نظرية الانجراف القارى (أ) قبل ٢٧٠ مليون سنة (ب) قبل ١٥٠ مليون سنة (ج) قبل مليون سنة

و مما يدل على ذلك التطابق الهندسى للشكل الخارجى للقارات المتجاورة و تشابه القطاعات و التراكيب الجيولوجية فيها. و وجد أن هناك أنواعا متماثلة من الحفريات فى قارات تفصلها الآن محيطات و لا يمكن لهذه الكائنات عبور المحيطات. و على الرغم من صحة نظرية الانجراف القارى إلا أنها لم تلق قبولا فى الأوساط العلمية وقتها وربما يرجع ذلك إلى أن فاجنر لم يستطع أن يقدم سببا مقنعا يفسر به هذه التحركات و الطاقة الهائلة اللازمة لها.



شكل (١-٣) شكل يوضح تطابق القارات

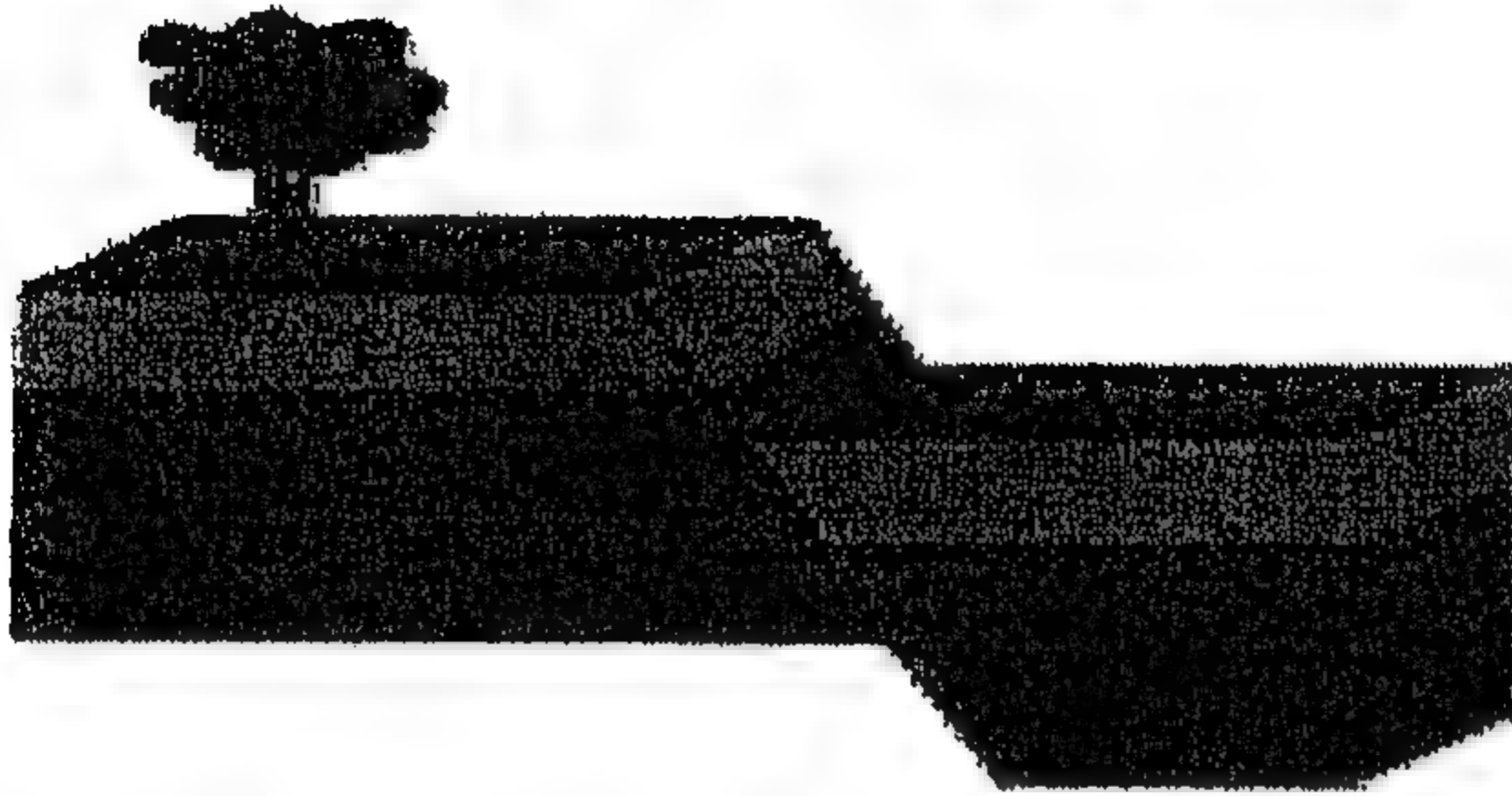
منذ بداية القرن العشرين و حتى نهاية الستينات أدت الدراسات إلى التوصل إلى عدة اكتشافات علمية أثبتت صحة نظرية الانجراف القاري كما مهدت لظهور نظرية تكتونية الصفائح . و طبقا لهذه النظرية فإن سطح الأرض يتكون من عدة ألواح أو صفائح صلبة يصل سمكها إلى مائة كيلو متر في القارات و يقل سمكها إلى ٥٠ كيلو متر في المحيطات و تشكل هذه الصفائح مع بعضها البعض ما يسمى بالغلاف الصخري (الليثوسفير) للكرة الأرضية وهذه القشرة مكسرة إلى ما بين ١٢ إلى ١٥ لوح صلب. ويتراوح سمك اللوح من ١٠٠ إلى ١٥٠ كم وتقوم هذه الألواح فوق نطاق لدن بسبب حدوث انصهار جزئي لبعض معادنه بفعل درجات الحرارة العالية في جوف الأرض (يمتد عمقا إلى حوالي ٧٠٠ كيلو متر في باطن الأرض، تسمى هذه الطبقة بالغلاف الوهن (غلاف الانسياب)) و يتحرك كل لوح مستقلا عن الآخر بسبب الحرارة المرتفعة والضغط العظيم الموجود في جوف الأرض و تحدث الزلازل على الحدود الفاصلة بين الصفائح المتحركة للغلاف الصلب بتكرارية كبيرة نتيجة للتحركات المختلفة لهذه الصفائح بالنسبة لبعضها البعض.

وتحدث الزلازل الكبيرة من حركة فجائية للوح من ألواح طبقة الليثوسفير منزلقا على لوح آخر و تحدث هذه التحركات النسبية في صور مختلفة فهناك تحركات تقاربية حيث تتقارب هذه الصفائح نحو بعضها البعض و ينتج عن هذا التقارب أما حدوث تصادم (في حالة صفيحتين قاريتين) أو حدوث الإندساس (في حالة صفيحتين أحدهما قارية و أخرى محيطية) و هناك أيضا التحركات التباعدية بين الصفائح التي تسبب الزلازل. و هناك نوع ثالث من التحركات التكتونية بين الصفائح المتحركة و تحدث فيه تحركات جانبية بين الصفائح و تنتج الزلازل لهذه التحركات الجانبية. و لحدوث الزلازل بكثرة على حدود هذه الألواح فتسمى

أحزمة الزلازل، شكل (١-٤، ٥)



Strike-slip



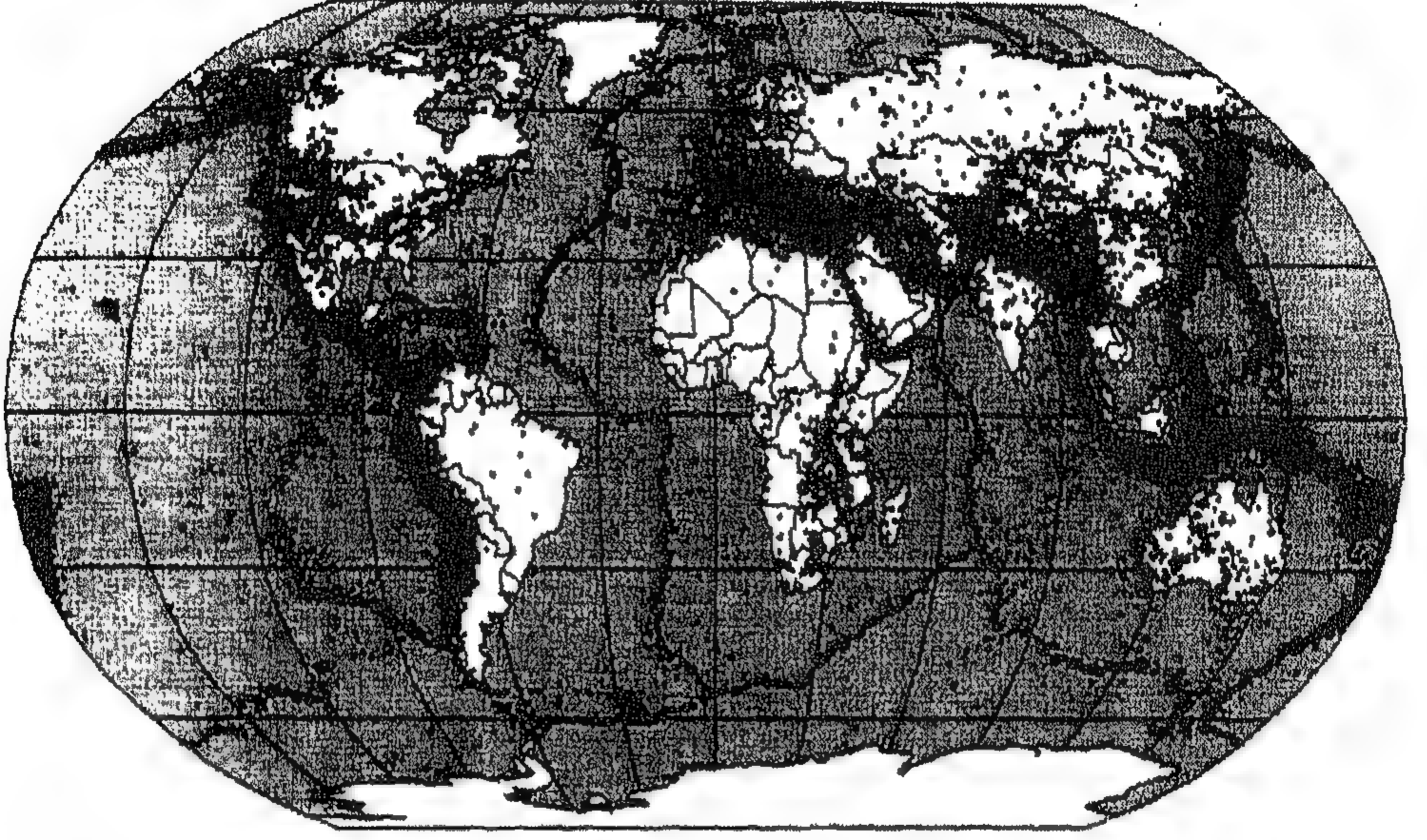
Normal



Thrust

شكل (١-٤) حركات حواف الألواح

Preliminary Determination of Epicenters 358,214 Events, 1963 - 1998



شكل (١-٥) توزيع مراكز الزلازل على خريطة العالم في هيئة أحزمة

والغالبية العظمى من الزلازل تقع على حواف الألواح التكتونية، إلا أن هناك نسبة ضئيلة من الزلازل (نحو ١/٦ من عدد الزلازل) تقع في داخل الألواح التكتونية وبعيدا عن حواف تلك الألواح. من الممكن أن تحدث بسبب كسر موضعي في مناطق الضعف كالفوالق والصدوع داخل هذه الألواح (ومثال ذلك زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ الذي ضرب القاهرة وبعض محافظات مصر) حيث تنتقل الإجهادات أو الضغوط عبر الطبقات الصخرية إلى المناطق الداخلية لهذه الصفائح محدثة الصدوع و انطلاق الطاقات المختزنة في هيئة موجات زلزالية و لكن زلازل هذه المنطقة اضعف و اقل في تكراريتها.

ولا تعرف حتى الآن آلية العمليات الجيولوجية التي تحدث في داخل الألواح التكتونية وتتولد عنها كميات كبيرة من الإجهاد الذي يتراكم في الصخور وفي النهاية يؤدي إلى انهيارها و وقوع الزلازل. وحاول بعض العلماء تفسير وقوع زلازل داخل الألواح التكتونية على أساس الارتداد المرن لصخور القشرة الأرضية الناتج عن زيادة الأحمال على صخور القشرة الأرضية في مواقع السدود الكبيرة والبحيرات الصناعية العملاقة، أو بفعل التحركات الرأسية لصخور القشرة الأرضية. واختلف العلماء في تفسير مصدر الإجهاد الواقع على الصخور في داخل الألواح، فبينما يراه البعض بسبب عدم استدارة الكرة الأرضية وحركة ألواح الليثوسفير على سطحها، يري آخرون أن الإجهاد الشدي الذي تتعرض له صخور داخل ألواح المحيط سببه تبريد هذه الألواح بزحفها بعيدا عن أعراف وسط قاع المحيط، فكلما ابتعد لوح قاع المحيط عن عرف وسط المحيط انخفضت درجة حرارته وزاد سمكه. ومن ثم يتعرض لإجهاد حراري بسبب عدم تجانس درجة الحرارة في مختلف أجزائه. ويعزى بعض العلماء الإجهاد في داخل الألواح إلى وجود بقع حارة.

تتراوح أطوال الفوالق بين عدة أمتار ومئات الكيلومترات وتمتد من سطح الأرض إلى أعماق تصل إلى عشرات الكيلومترات. وربما يكون وجود الفوالق واضحا ، كما تظهر في الطبوغرافيا السطحية، أو ربما يصعب جداً اكتشافها. ووجود الفوالق لا يعني بالضرورة أن تكون هناك زلازل متوقعة أو ربما يكون الفالق غير نشيط. . و تتناسب قوة الزلزال مع طول الصدع الذي حدثت على جانبيه الإزاحة ، و تسمى النقطة التي يبدأ عندها التمزق في باطن الأرض بالبؤرة (Hypocenter, Focus) و تسمى النقطة التي تقع على سطح الأرض فوق البؤرة بمركز الزلزال (Epicenter)



شكل (٦-١) فالق زلزالي

ويوجد مع ذلك مصادر أخرى للنشاط الزلزالي والتي تنتج زلازل أصغر. مثل الزلازل المصاحبة للبراكين و التي ربما تنتج من التنقل أو الحركة المفاجئة للحمم. ويمكن أن تحدث الموجات الزلزالية بواسطة التفجيرات التي تتم تحت سطح الأرض باستخدام المتفجرات الكيميائية أو الأجهزة النووية. كما يمكن أن يسبب انهيار منجم أو سطح كهف كبير ، أو تفجيرات المناجم زلازل محلية صغيرة وكذلك الانزلاقات الأرضية الكبيرة. وما تزال الزلازل الناتجة عن الخزانات أو المستودعات موضوع دراسات مهمة.

و يمكن تصنيف الزلازل من حيث أعماق بؤرها حيث تكون الزلازل الضحلة بين سطح الأرض و ٧٠ كيلو متر و الزلازل متوسطة العمق بين ٧٠ الى ٣٠٠ كيلو متر و الزلازل العميقة بين ٣٠٠ الى ٧٠٠ كيلو متر و تتركز هذه النوعية على

الفصل الأول : الزلازل

حدود صفيحة المحيط الهادى التكتونية التى تولد ٩٠ % من الزلازل و لا تحدث الزلازل على أعماق أكبر من ٧٠٠ كيلو متر لان الصخور أسفلها ذات صلابة قليلة تستجيب للجهودات بالانشاء.(٢٥)

و يمكن تصنيف الزلازل طبقا لقوتها

متوسط الحدوث (سنويا)

١	٨ - ٨.٩	١ زلازل هائلة
١٨	٧ - ٧.٩	٢ مدمرة
١٢٠	٦ - ٦.٩	٣ قوية
٨٠٠	٥ - ٥.٩	٤ متوسطة
٦٢٠٠	٤ - ٤.٩	٥ خفيفة
٤٩٠٠	٣ - ٣.٩	٦ صغيرة
٩٠٠٠	٣ >	٧ دقيقة

٢-١ الموجات الزلزالية

تنتقل الطاقة الناتجة عن الكسر داخل الغلاف الصخري على صورة موجات سيزمية يشعر الناس بها على سطح الأرض . والموجات السيزمية تكون على شكل أنواع من الموجات، شكل (١-٧)

و تتعدد أنواع الموجات من حيث طبيعة نذبنتها بجزئيات الأوساط التى تمر خلالها و طبيعة انتشارها و تنقسم الى نوعين:

١- الموجات الباطنية

هى التى تتولد عند بؤرة الزلزال و تنتشر فى باطن الأرض بسرعات تختلف باختلاف الوسط الذى تمر فيه و تنقسم الى

أ الموجات الطولية أو الأولية

و تنتشر فى الصخور فى هيئة تضاعفات و تخلخلات متتابعة و تهز فى نفس اتجاه انتشار الموجه و هى أسرع الموجات و لها القدرة على الانتشار فى الصخور الصلبة و السوائل و تحمل من الطاقة قدرا أقل من غيرها

ب الموجات المستعرضة أو موجات القص

و تنتشر عن طريق أحداث التشوه الشكلى فى الوسط الذى تمر فيه و بانتشارها تتذبذب جزيئات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجه . و سعتها أقل من سرعة الموجات الطويلة. و تحمل من الطاقة قدرا أكبر من الموجات الطولية المولدة من الزلزال نفسه و حيث أن انتشارها يعتمد على التشوه الشكلى فى الأوساط التى تمر بها فإنها تنتشر فى المواد الصلبة فقط و لا تنتشر فى السوائل. و سعتها أكبر من سعة الموجات الطولية .

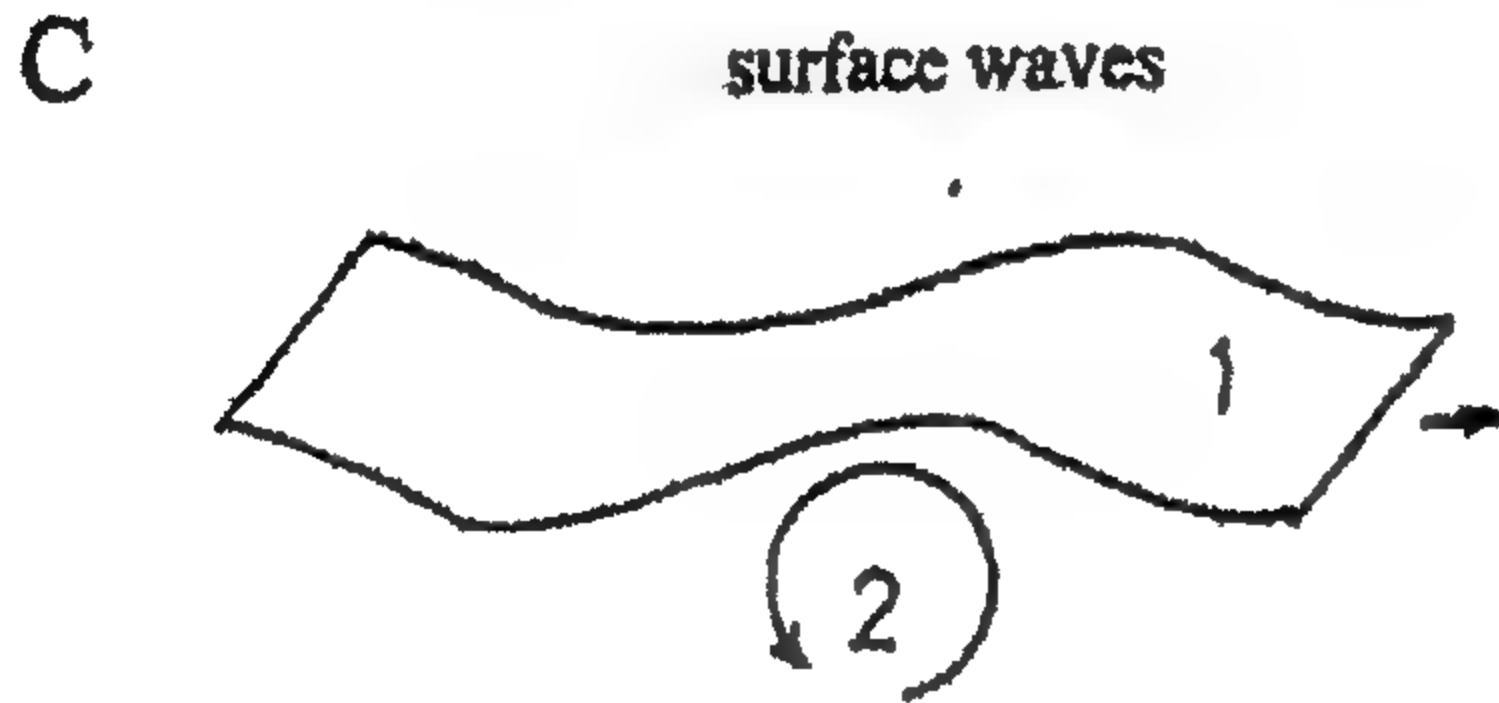
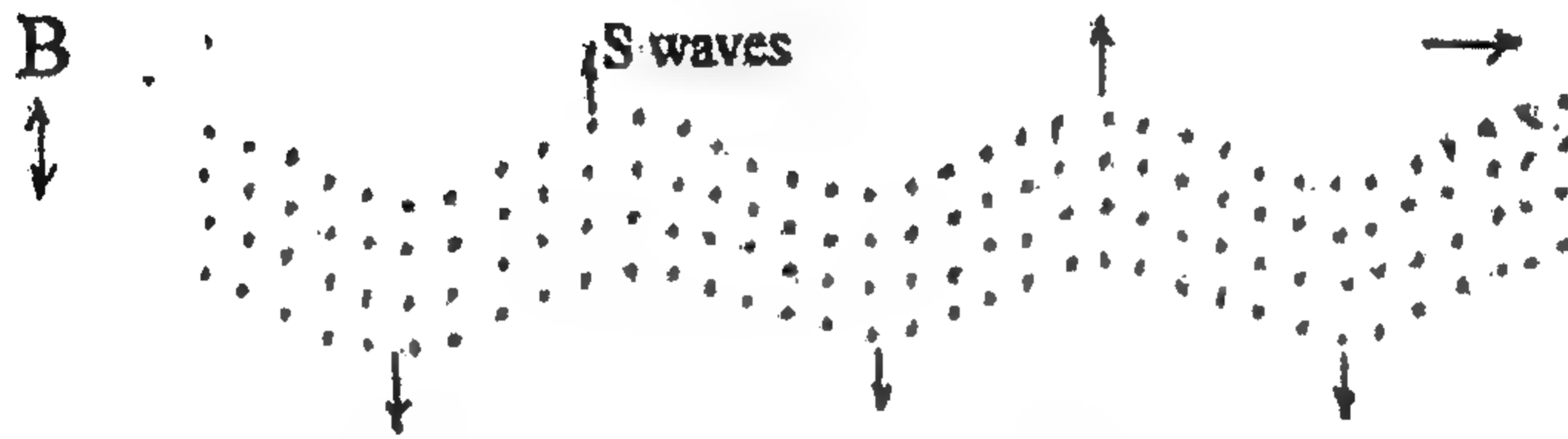
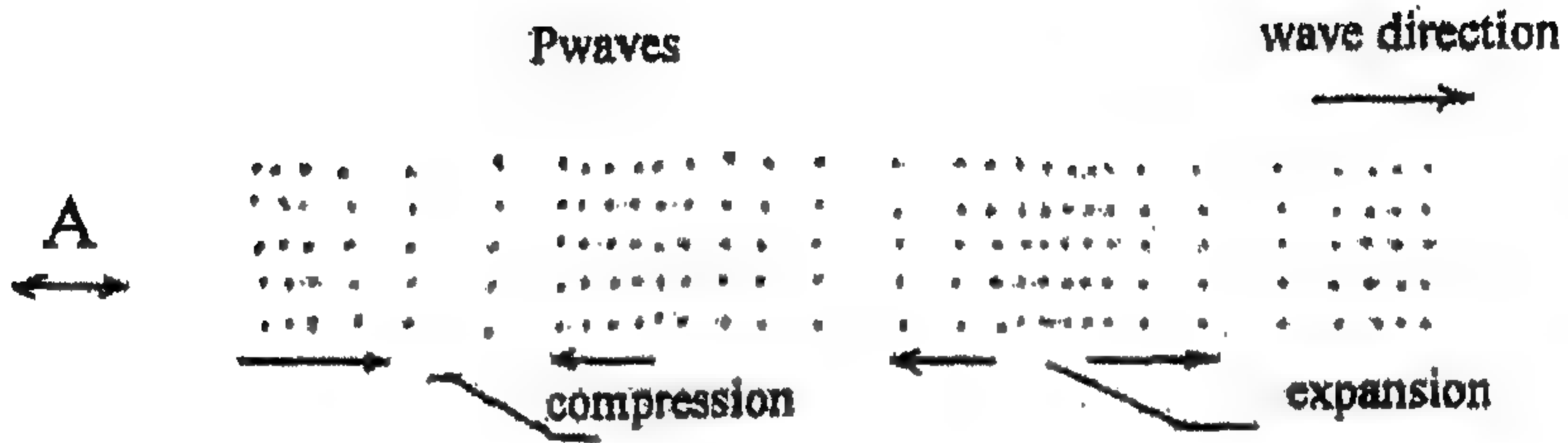
٢ الموجات السطحية

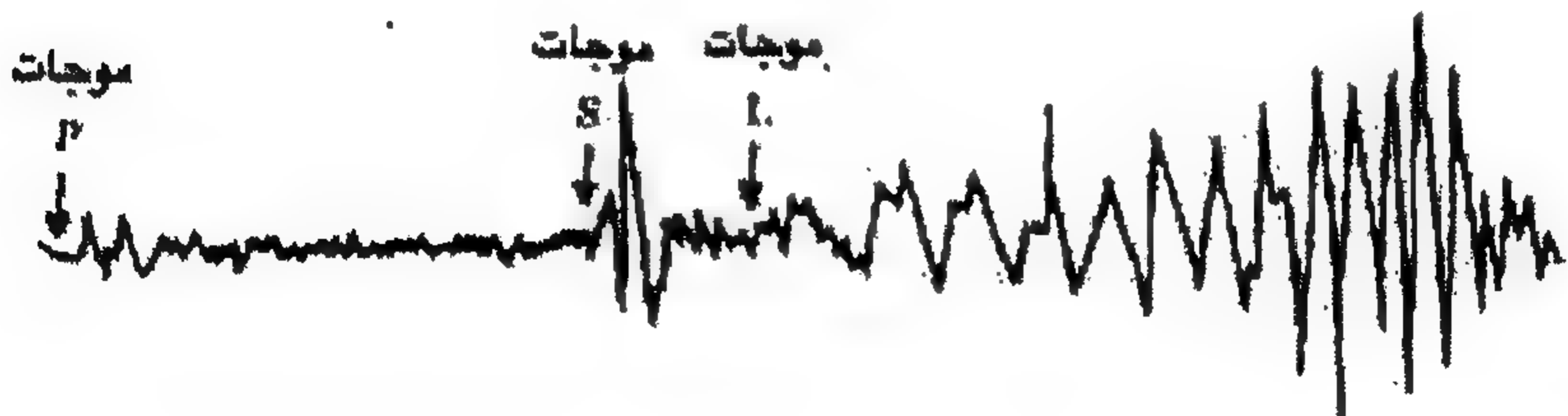
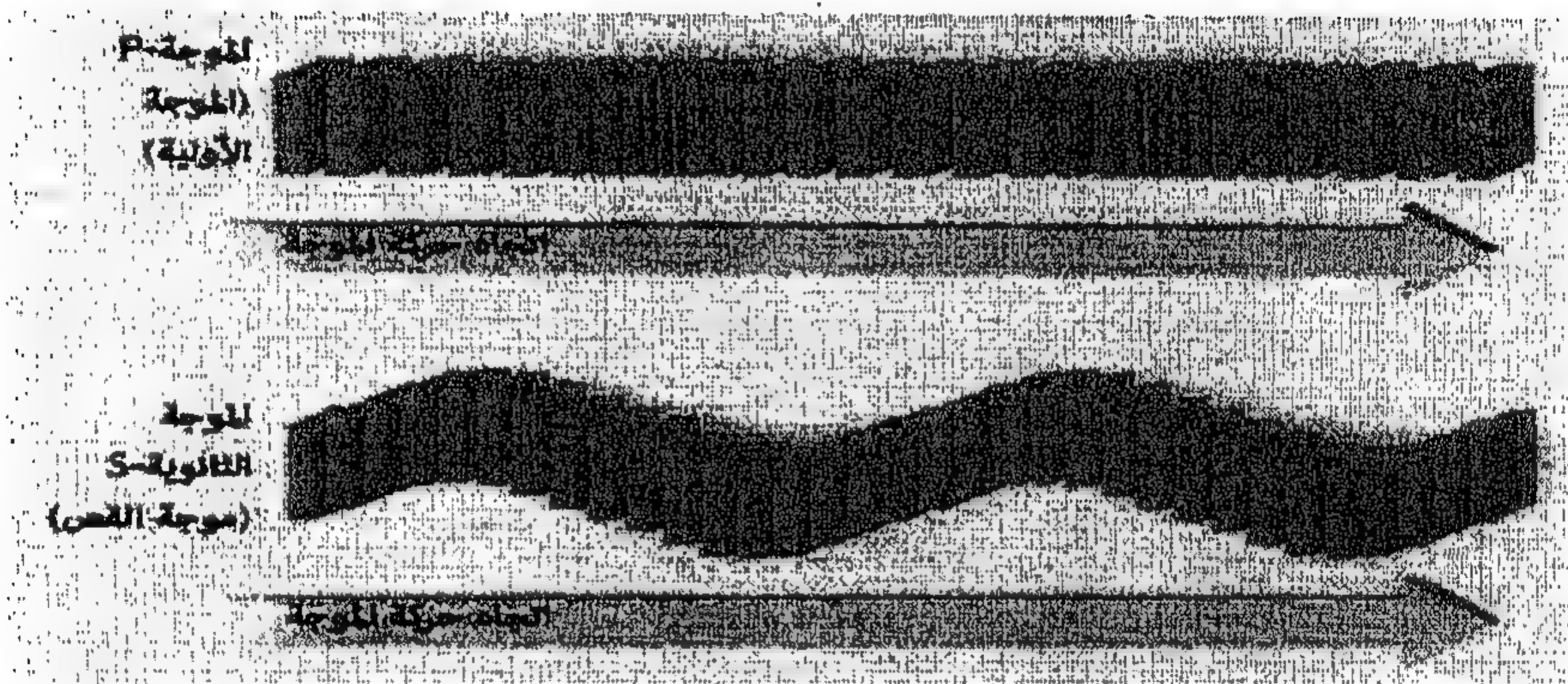
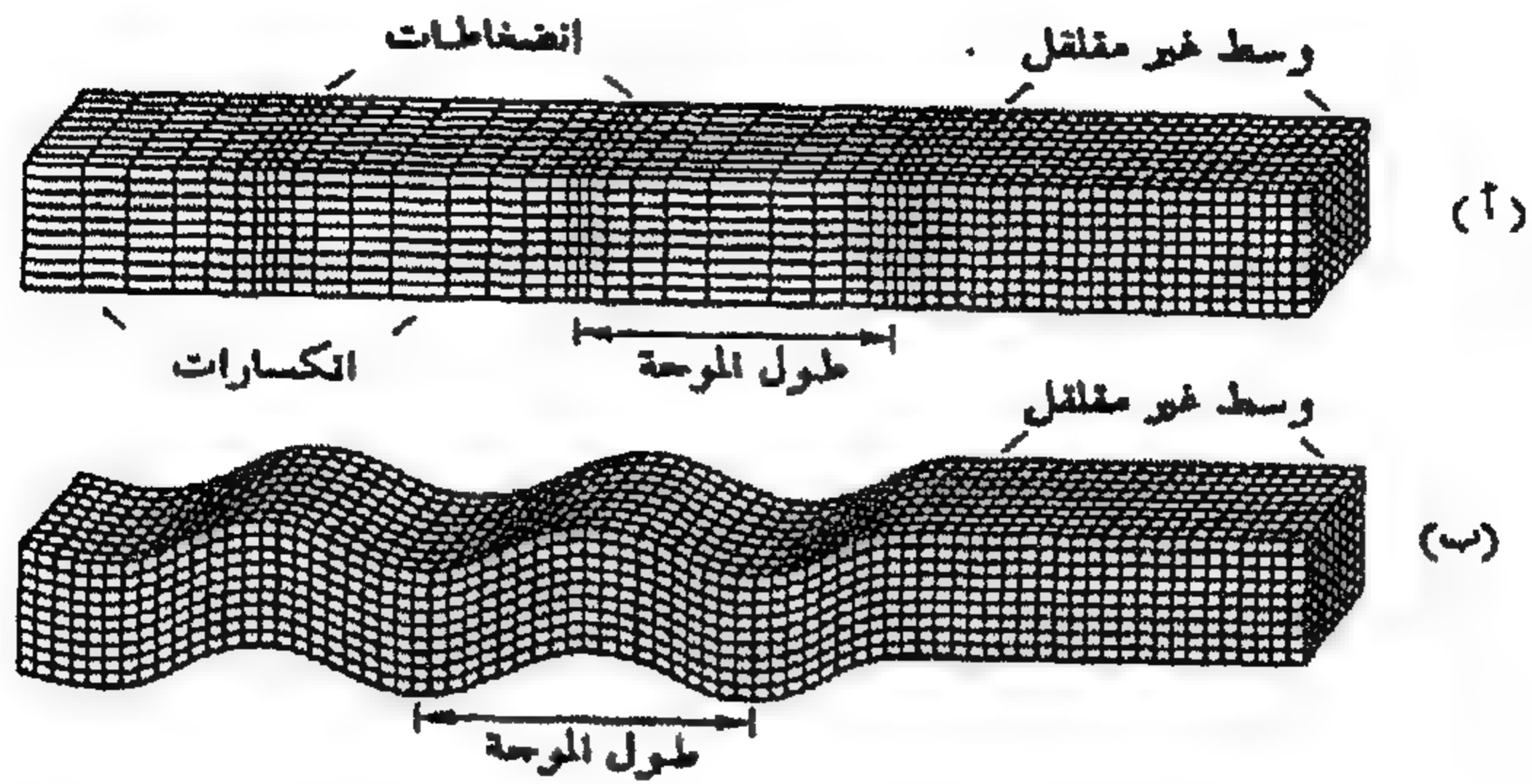
و هى تتولد نتيجة الأصطدام و الانعكاس المتعدد للموجات الباطنية بنوعها بسطح الأرض و تحمل من الطاقة التذبذبية قدرا أكبر من الموجات الباطنية كما أن ترددها أقل من تردد الموجات الباطنية و من ثم فإنها تسبب أكبر قدر من الدمار الذى تسببه الزلازل، و تنقسم إلى:

أ موجات لاف : حيث تتذبذب جزيئات سطح الأرض أفقيا و بشكل عمودى على اتجاه انتشارها و هى لا تنتشر فى الأوساط المائية

ب موجات رايلي : و ينتشر هذا النوع بشكل اهليجي متراجع و ذلك في مستوى رأسي مواز لاتجاه انتشار الموجة و تقل سرعتها قليلا عن

لاف





السجل الزلزالي الورقي (السيزموجرام)

شكل (١-٧) الموجات الزلزالية

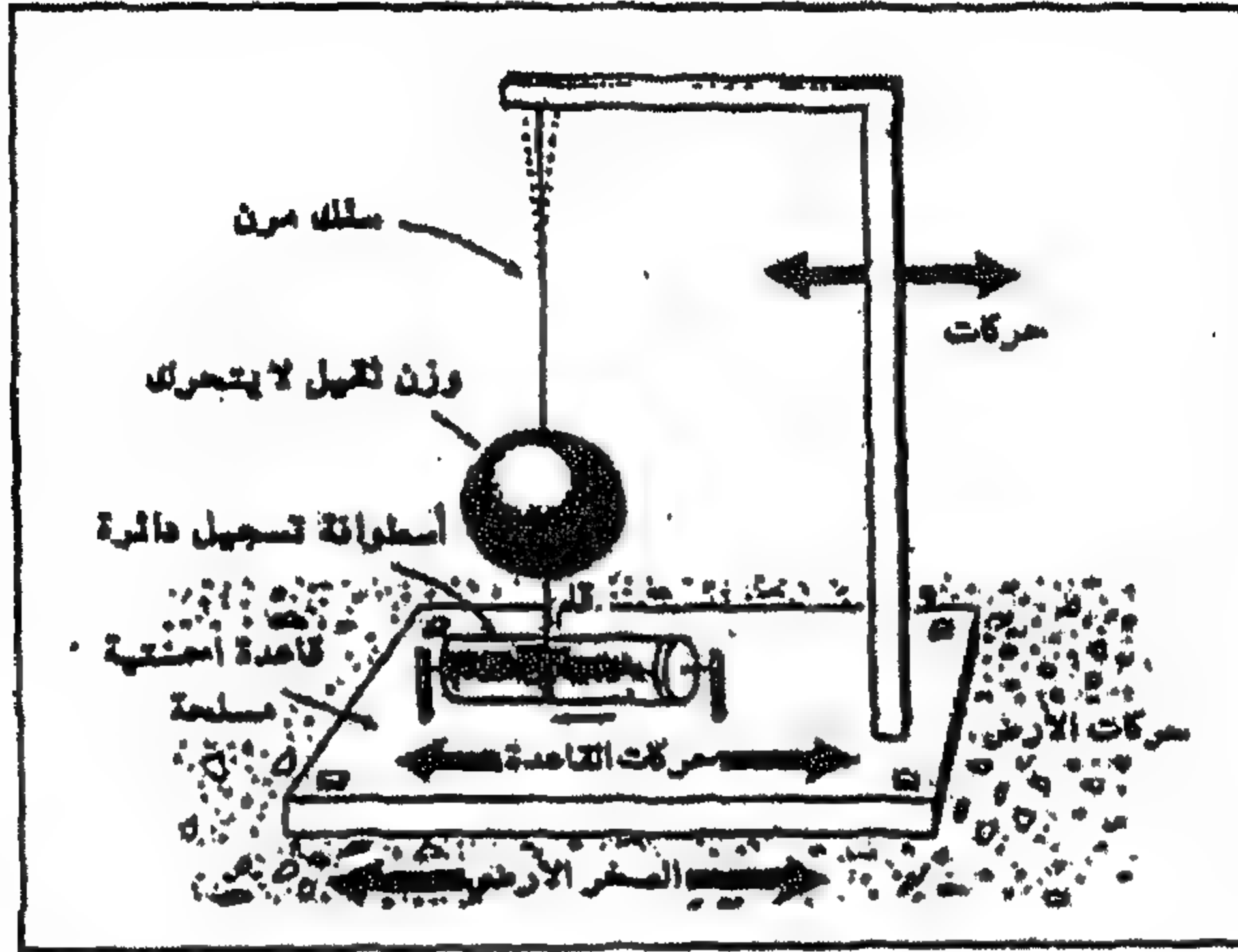
١-٣ قياس الزلازل

يسمى جهاز رصد الزلازل بالسيزموميتر (السيزموجراف) و يمكن من اجهزة الرصد تسجيل الهزات الأرضية بطريقة أوتوماتيكية على أشرطة خاصة على شكل خطوط متعرجة مع شدة الزلزال. وقد بني اختراع السيزموميتر على حقيقة عملية هي: " إنه إذا دلينا كتله ثقيلة في نهاية حبل أو عمود طويل كما يتدلى بندول الساعة. فإن هذه الكتلة، بحكم قصورها الذاتي، تبقى ساكنة حتى ولو اهتزت الأرض والقوائم المدلاة منها الكتلة".

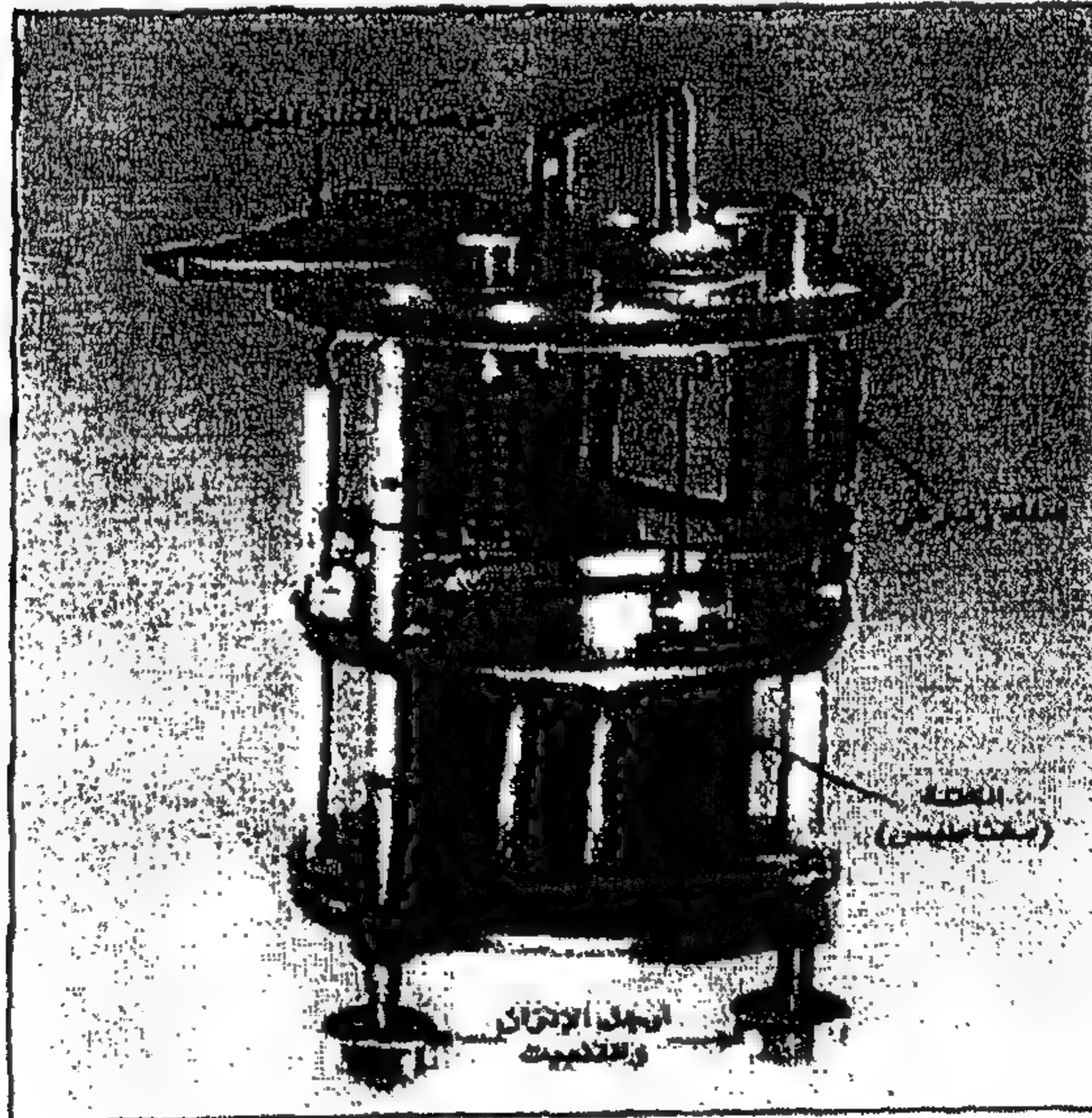
فإذا تصورنا أن هذه الكتلة تحمل قلما، وأن هناك ورقة مثبتة على سطح الأرض ملاصقة لهذه القلم، فإن الأرض إذا اهتزت تحركت معها الورقة مع بقاء القلم ثابتا، فيرسم على الورقة خطا متعرجا، يبين مدى تحرك الأرض باهتزاز الأرض. ولكي يمكن تسجيل وقت وقوع الزلزال فإن هذه الورقة تثبت عادة على سطح أسطوانة تدور آليا، والورقة مقسمة أياما وساعات ودقائق وثواني.

و نظرا لأن الجهاز يحتوى على بندول حر الحركة في اتجاه واحد فإنه يلزم ثلاثة أجهزة في الموقع الواحد لتسجيل الموجات الزلزالية في الاتجاهات الثلاث الرئيسية. حيث يثبت جهاز التقاط ذو بندول حر الحركة في الاتجاه الرأسى. وفى حالة إنشاء شبكات تسجيل الزلازل المحلية. يكتفى بجهاز التقاط واحد يعمل ببندوله في الاتجاه الرأسى بحيث يكون حساسا للتقاط الاهتزازات الرأسية، كما يثبت جهازان آخران يكون كل منهما حر الحركة في اتجاه أفقى، أحدهما (شمال-جنوب) و الآخر (شرق-غرب). وفى حالة إنشاء شبكات تسجيل الزلازل المحلية ذات المحطات الحقلية المكثفة فإنه يكتفى بجهاز التقاط واحد ببندولة فى الاتجاه الرأسى، إلا أنه يفضل استعمال ثلاثة من اجهزة الرصد فى كل موقع حيث يتيح الكثير من البيانات. و لما كان لكل بندول تردده الطبيعى و بالتالى يكون

له حساسية عالية للتقاط مدى محدد من ترددات الموجات و تقل استجابة
السيزموميتر للموجات ذات التردد البعيد لذا تم تطوير اجهزة واسعة المدى و
تطوير التسجيل إلى صورة رقمية



شكل (٨-١) مقياس الزلازل .

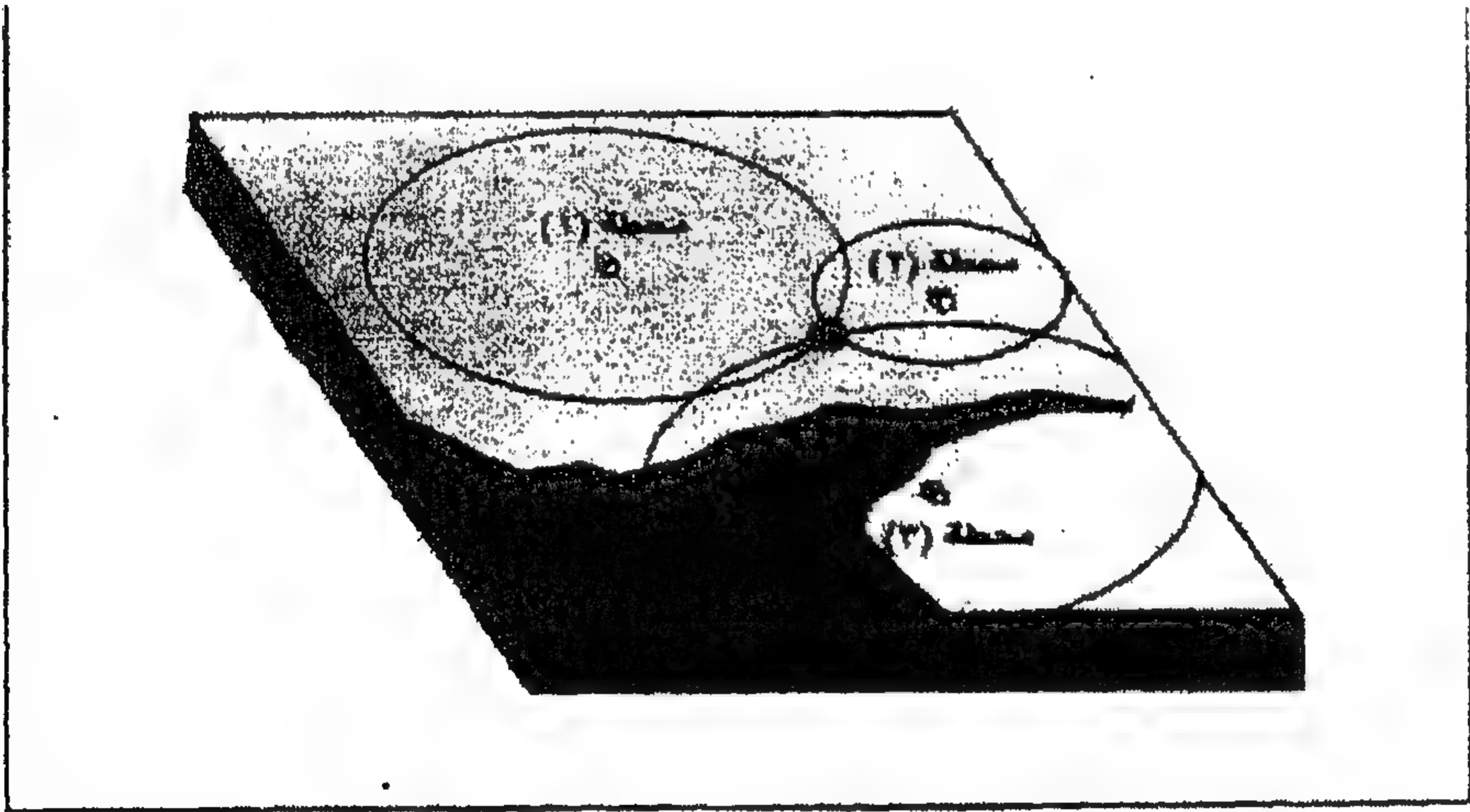


شكل (٩-١) مكونات راصد الزلازل

٤-١ موقع الزلازل

و يمكن تحديد موقع مركز الزلزال عن طريق معرفة الفارق الزمني بين وصول الموجات الطولية و الموجات المستعرضة و يمكن تحديد موقع مركز الزلزال باستعمال تسجيلات محطة واحدة ذات ثلاث مركبات أو باستعمال ثلاث محطات أو باستخدام بيانات محطات حقلية عديدة لشبكات الرصد الزلزالي.

ويعتمد تحديد الموقع المبدئي على أوقات الوصول النسبية لموجات P - وموجات S - إلى مجموعة لا تقل عن ثلاثة من أجهزة الرصد . وحيث إن موجات P - تنتقل بسرعة أكبر من سرعة موجات S - ، فإنها سوف تصل ، أولاً ، عند جهاز الرصد المحدد. ويعتمد الفرق بين أوقات وصول الموجات على الاختلاف بين سرعات موجات P - و S - ، وعلى المسافة بين جهاز الرصد وبؤرة الزلزال.

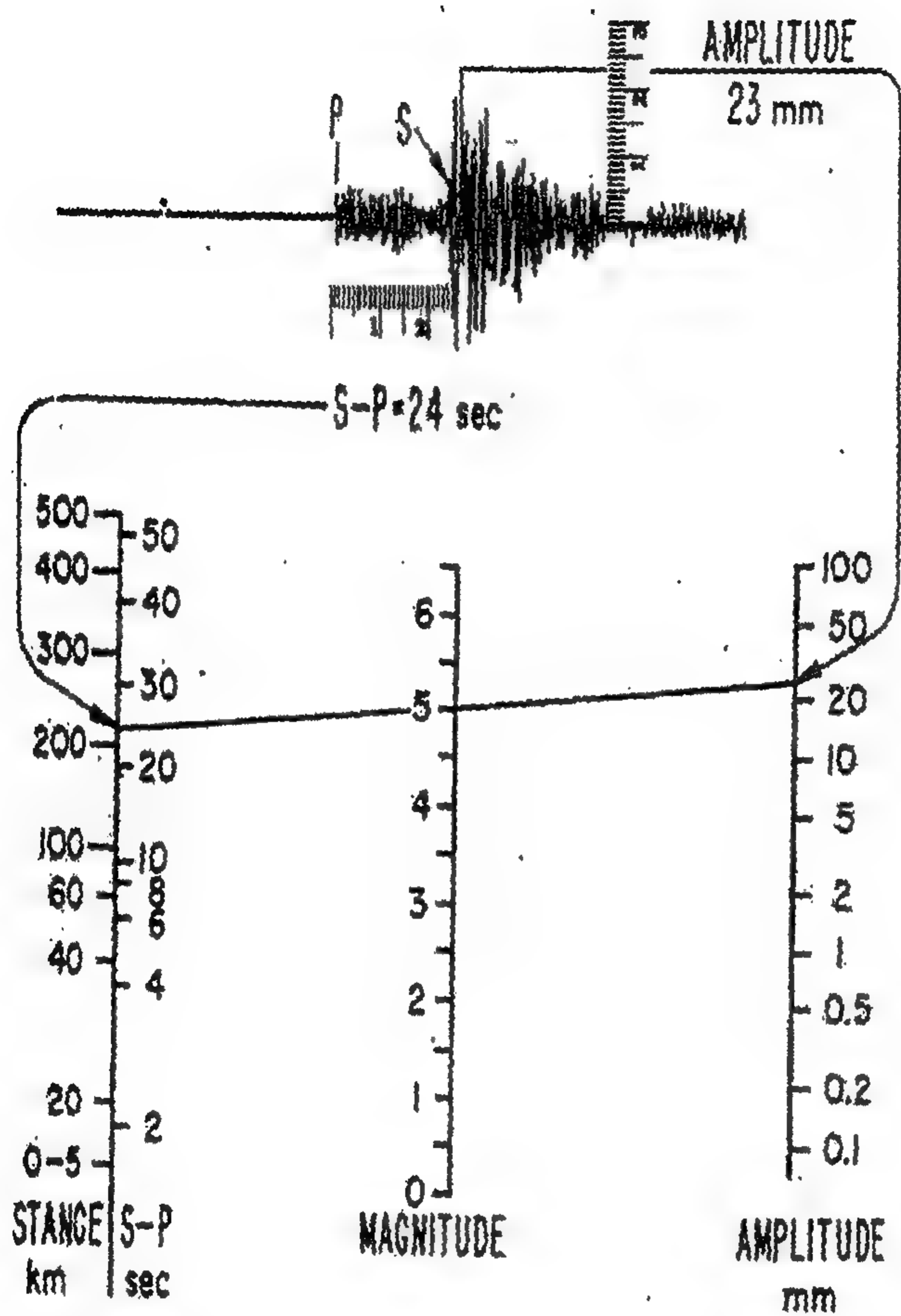


شكل (١-١٠) تحديد موقع الزلازل

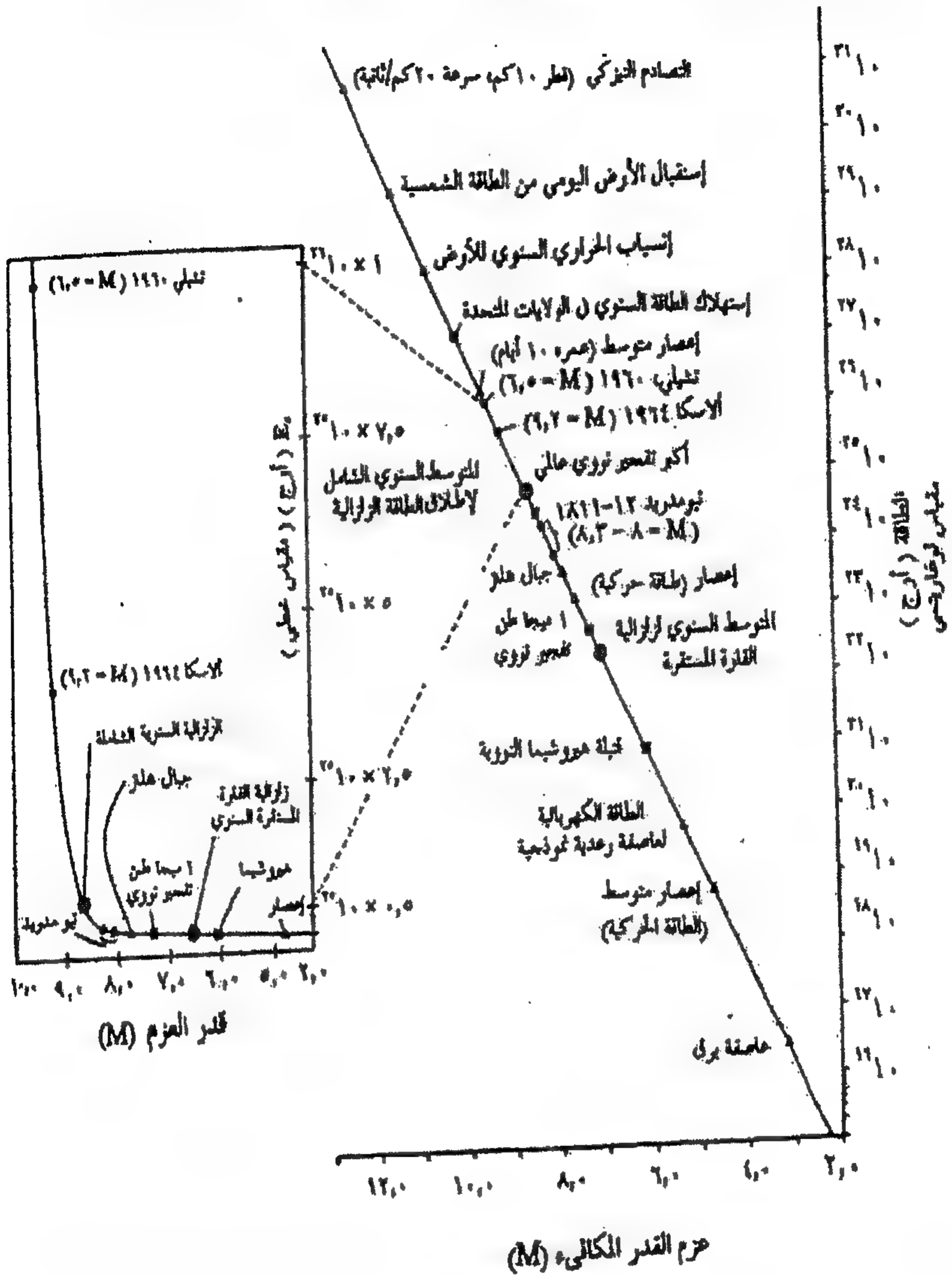
٥-١ مقياس ريختر لقوة الزلزال (القدر الزلزالي)

جاءت إمكانية إيجاد مقياس كمي، وأكثر موضوعية لحجم الزلزال مع تطوير الآلات الحديثة لقياس الهزة الأرضية أثناء الزلازل. وفي الستين سنة الماضية، زاد التطوير في الآلات الزلزالية، وكذلك فهمنا للكميات التي تقيسها. وتسمح الآلات الزلزالية بإعداد قياسات كمية وموضوعية لحجم الزلزال تسمى قدر الزلزال وتكون أغلب قياسات قدر الزلزال آليا (بمعني، الاعتماد على بعض الخصائص المقيسة للهزة الأرضية).

و مقياس ريختر، شكل (١-١١) ، يقيس الطاقة المنطلقة عن الكسر ويتم حسابه من الموجات المنطلقة من مركز الزلزال وهو مقاس لوغاريتمي حيث أن زلزال شدته ٦ ريختر تولد من الطاقة ٣٢ مثل ما تولده هزة شدتها ٥ ريختر وتولد هزه شدتها ٧ درجات بمقياس ريختر ١٠٢٤ مثل ما تولده هزة شدتها ٥ ريختر مع العلم بأن الطاقة المنطلقة من زلزل ٥ ريختر تعادل الطاقة المنطلقة من انفجار قنبلة نووية و يوضح شكل (١-١٢) الطاقة النسبية لعدد من الظواهر الطبيعية و الصناعية.



شكل (١١-١) مقياس ريختر للزلازل



شكل (١٢-١) الطاقة النسبية لعدد من الظواهر الطبيعية و الصناعية.

٦-١ الشدة الزلزالية

نظرا لأن تأثير الزلازل على المنشآت في أى منطقة تتأثر بكمية الطاقة المنبعثة من مركز الزلازل والمسافة بين مركز الزلازل وبين المنطقة التي تتأثر بالزلازل وكذلك طبيعة التربة فإنه مقياس الشدة لقياس التأثيرات المختلفة للزلازل على الإنسان و على المنشآت و على سطح الارض و من هنا يتضح إنه مقياس وصفى يعتمد على زيادة المواقع المختلفة و رد فعل الناس للهزة و تدوين الملاحظات على هذه التأثيرات ثم تقييم هذا الوصف

و عادة ما يتم الحصول على شدة الزلازل بإجراء مقابلات شخصية مع المراقبين بعد الحدث. وتتم هذه المقابلات في الغالب عن طريق البريد، ولكن في بعض المناطق النشطة زلزاليا، يتم تنظيم وتدريب مراقبين دائمين للحصول على تفسيرات معقولة وغير عاطفية للهزة الأرضية. كما إن مراقبة الشدة تعطي المعلومات التي تساعد على تصنيف انتشار الهزة الأرضية في المنطقة. ويسمح رسم الشدات المدونة عند موقع مختلفة على خارطة برسم خطوط كنتورية متساوية الشدة، أو متساوية الرجفة. وتدعي مثل هذه الخارطة الكنتورية لشدة الزلازل وعموما تكون قيمة الشدة الأكبر قرب المركز السطحي للزلازل، وغالبا ما يستعمل مصطلح شدة المركز السطحي للزلازل كوصف بسيط لحجم الزلازل. وتوضح الخرائط الكنتورية لشدة الزلازل كيف أن الشدة تتناقص، أو تضعف، مع زيادة مسافة المركز السطحي.

و تعبر الشدة الزلزالية بشكل مباشر عن التسارع الزلزالي و تتحدد عموما بعدة عوامل: ١- قوة الزلازل ، ٢ - عمق البؤرة ، ٣ - المسافة و نوع صخور المسار بين البؤرة و الموقع الذي يتم تقدير الشدة الزلزالية فيه، ٤ - نوع التربة في الموقع ، ٥ - ميكانيكية التصدع.

كما نجد أن أقصى قيمة للموجات الطولية على سطح حول مركز زلزال ما في الاتجاه الذي يميل بزاوية قدرها ٤٥ على اتجاه سطح الصدع و كذلك في الاتجاه العمودي عليه و بخصوص الموجات المستعرضة و التي لها دور كبير في إحداث الأثار التدميرية فان سعتها (طاقتها) تصل أقصى قيمة لها على سطح الأرض حول مركز الزلزال في اتجاه الصدع نفسه و العمودي عليه و تأخذ الخطوط متساوية الشدة احيانا اشكالا شبة دائرية و ذلك في حالة تجانس الصخور حول مركز الزلزال و هذا يعنى ان الطاقة الزلزالية تتعرض للتوهين المتساوى في جميع الاتجاهات و في حالة زيادة للتوهين في اتجاه معين لعدم تجانس الصخور حول مركز الزلزال فان خطوط تساوى الشدة تأخذ شكلا اهليجيا. و لأن مقياس الشدة يعتمد على الملاحظات و المشاهدات و لذلك يمكن تحديد من خلاله معرفة شدة الزلازل التاريخية و ربطها بمقياس ريختر الذى تم اختراعه ١٩٣٠. و يوضح جدول (١-١) مقياس ميركالى المعدل الذى ينقسم إلى ١٢ درجة.

الجدول (١-١) مقياس ميركالى للشدة المعدل في عام ١٩٣١م.

- I لا يشعر الناس به و لا تسجله سوى اجهزة الرصد.
- II يشعر به عدد قليل من الناس الجالسين او الراقدين وخاصة على الأدوار العليا من المباني، ربما تتأرجح الأشياء المعلقة الحساسة.
- III يشعر به عدد من الناس داخل المباني، وخصوصا في الأدوار العليا من المباني، و لكن لا يميزه عدد من الناس كزلزال و لكن كاهتزاز مرور شاحنة و ربما تتأرجح السيارات الواقعة بشكل خفيف.

IV يشعر به اكثر الناس داخل المبنى ، يوقظ العديد؛ تهتز الابواب و النوافذ و تتموج السوائل فى الأواني و تشبه هذه التأثيرات مرور شاحنة ثقيلة بجوار المبنى.

V يشعر به كل من داخل المبنى و كثير من الناس فى الخارج و تتأرجح الأشياء المعلقة و تتقلب الأشياء الغير ثابتة؛ تلاحظ أحيانا قلقة الأشجار، وكل الأشياء الطويلة؛ و تنسكب السوائل من الأواني.

VI يشعر الجميع بالزلازل ، يخاف العديد ويجرون إلى الخارج، يتحرك بعض الأثاث الثقيل؛ ملاحظات قليلة لسقوط الملصقات وتضرر المداخل؛ و تظهر بعض الاضرار بالمباني.

VII خوف و هلع بين الناس ، يجري الجميع إلى الخارج، ضرر مهمل في المباني ذات التصميم والإنشاء الجيد، ضرر خفيف إلى متوسط في المباني العادية المبنية جيداً؛ ضرر معتبر في المنشآت ضعيفة البناء أو المصممة بشكل خاص، ضرر كبير في المنشآت ضعيفة البناء؛ تلقي الجدران الإطارية خارجاً عن هيكل المنشأ؛ سقوط المداخل؛ تتهدم اسوار الحدائق و تتقلب شواهد القبور و تحدث انزلاقات فى الاجزاء المائلة من الطرق، يلفظ الرمل والطين بكميات صغيرة ، يزعج سائقي السيارات.

IX اضرار شديدة فى كل انواع المباني و حالة هلع بين الناس و الحيوانات ، ضرر معتبر في المنشآت ذات التصميم الخاص؛ تصدع الأرض بشكل واضح و تنشوه خطوط السكك الحديدية و تتكسر الأنابيب المدفونة و تتساقط الصخور من المناطق الجبلية.

X تهدم كامل للمباني و تدمر معظم المنشآت الحجرية والهيكلية مع الأساسات؛
تتصدع الأرض بشكل سيئ؛ اضرار واضحة للجسور و السدود و تتحني السكك
الحديدية و تحدث انهيارات أرضية و شقوق واسعة في الأرض.

XI كارثة عامة ، القليل من المباني (حجرية) تبقي واقفة؛ تحطم الكباري؛ تشققات
واسعة في الأرض؛ تصبح جميع الأنابيب المدفوعة خارج الخدمة؛ سقوطات
ترابية وإنزلاقات أرضية في الأرض اللينة؛ انحناء قضبان سكك الحديد بشكل
كبير.

XII تغيير مظهر سطح الأرض و يحدث ضرر كامل لكل الأعمال الإنشائية على
وجه الخصوص؛ تلاحظ الموجات على سطح الأرض؛ تشوه خطوط المشاهدة
والتسوية؛ تلقي الأشياء إلى الهواء.

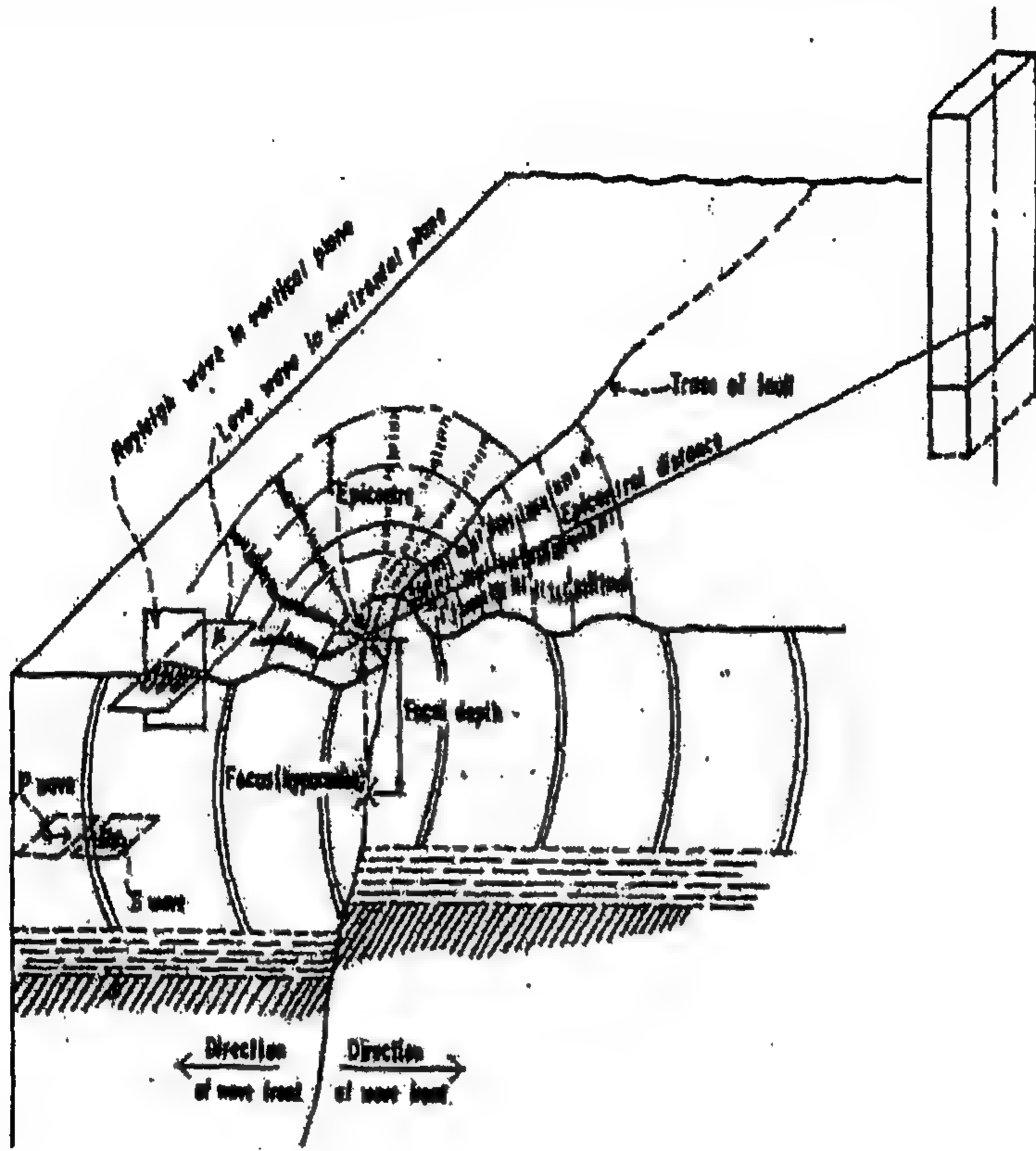


الفصل الثاني



تأثير الزلازل على المباني

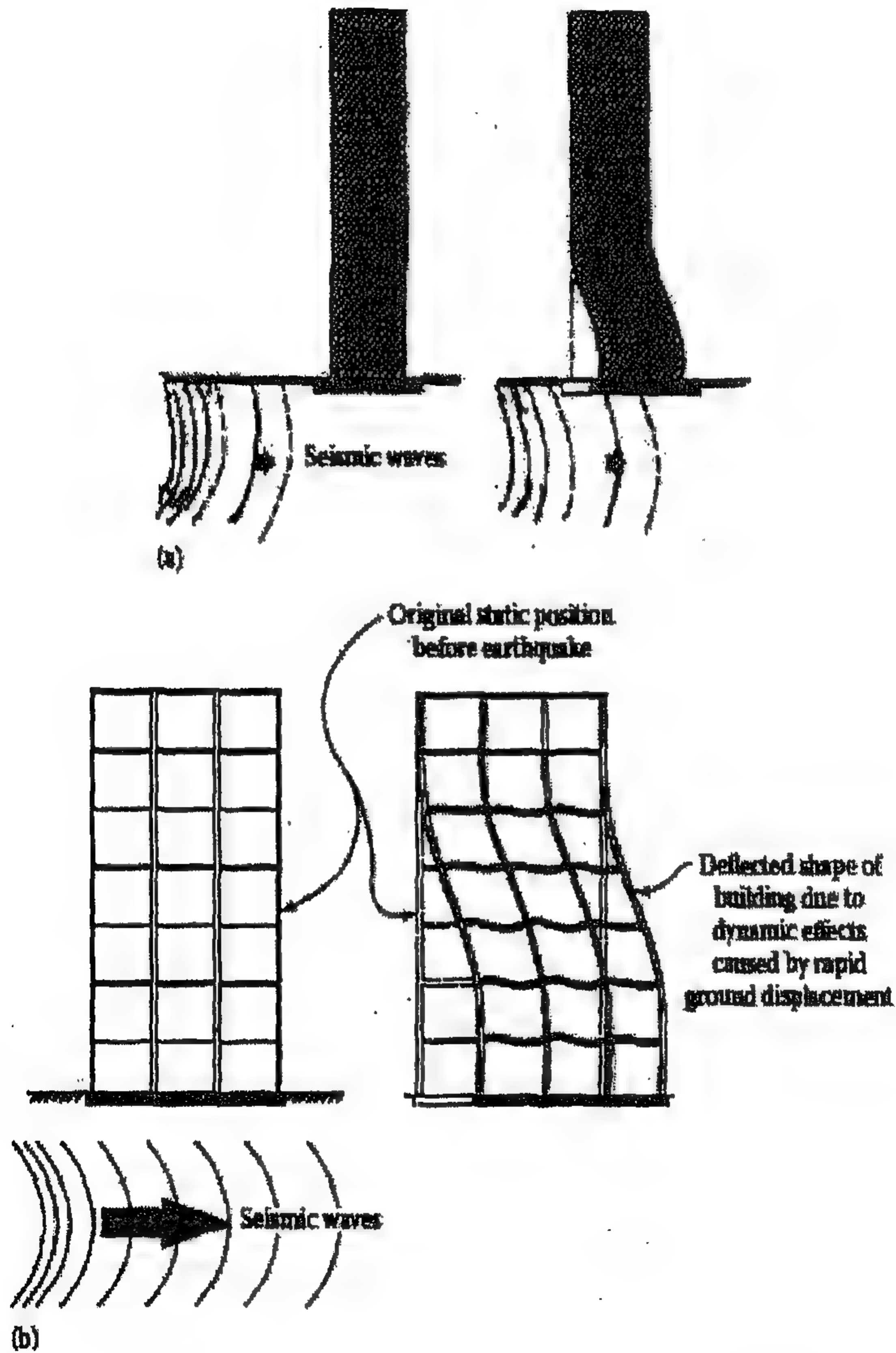
بحدوث الزلزال تقوم الموجات الأولية بضغط وخلخلة المواد التي تمر فيها بصورة متتابة في نفس اتجاه سريان الموجات، مما يضعف من تماسك تلك المواد. وتقوم الموجات الثانوية بزحزحة حبيبات التربة في اتجاه عمودي على سريان هذه الموجات وهي المسببة لتدمير المباني والمنشآت على سطح الأرض خاصة . تتأثر القوى التي تصل الى اساسات المبنى بقوة الزلزال و بعد المنطقة عن مركز الزلزال و نوع التربة اسفل المبنى و على طول المسار الموجات حيث تتبدد طاقة الموجات الزلزالية بانتشارها في الصخور واحتكاكها بمكونات الأرض، ومن ثم تضعف تلك الموجات بالبعد عن مصادرها. وعلى الرغم من أن معظم رحلة انتقال الموجات الزلزالية من مصدر الزلزال إلى سطح الأرض يكون خلال الصخور، إلا أن الجزء الأخير من هذا المسار يكون خلال طبقة من التربة و التي تؤثر في طبيعة الاهتزاز عند سطح الأرض. وحيث أن خصائص التربة غالبا ما تتغير كثيراً من مكان إلى آخر في مسافة قصيرة ، فإنه من الممكن أن يكون هناك اختلاف كبير في مستويات الاهتزاز الأرضي في حدود مساحة صغيرة



شكل (١-٢) مسار الموجات الزلزالية

تنتقل حركة الأرض أثناء الزلزال إلى أساسات المبنى ومنها إلى المبنى فتتأثر المباني بهذه الحركة حيث أن القوى الزلزالية المؤثرة على المبنى تساوى قيمة العجلة الزلزالية مضروبة في كتلة المبنى و مقاومة هذه القوة تنتج من قوة القصور الذاتي و جساءة المبنى و الأخماد و هي دوال في خصائص المبنى و تؤثر الزلازل بمركبتين أفقيتين ومركبة راسية و يكون تأثير العجلة الأفقية هي الحاكمة في المباني. و هناك حالات خاصة تساهم في تضخيم تأثير الموجات الزلزالية على

المنشآت منها ظاهرة الرنين و تحدث هذه الظاهرة في المنشآت التي يتوافق أو يقترب ترددها مع التردد الطبيعي للتربة المقامة عليها عند تعرضها لموجات زلزالية لها التردد نفسه تقريبا.



شكل (٢-٢) تصرف المباني اثناء الزلازل

١-٢ تحديد الخطورة الزلزالية

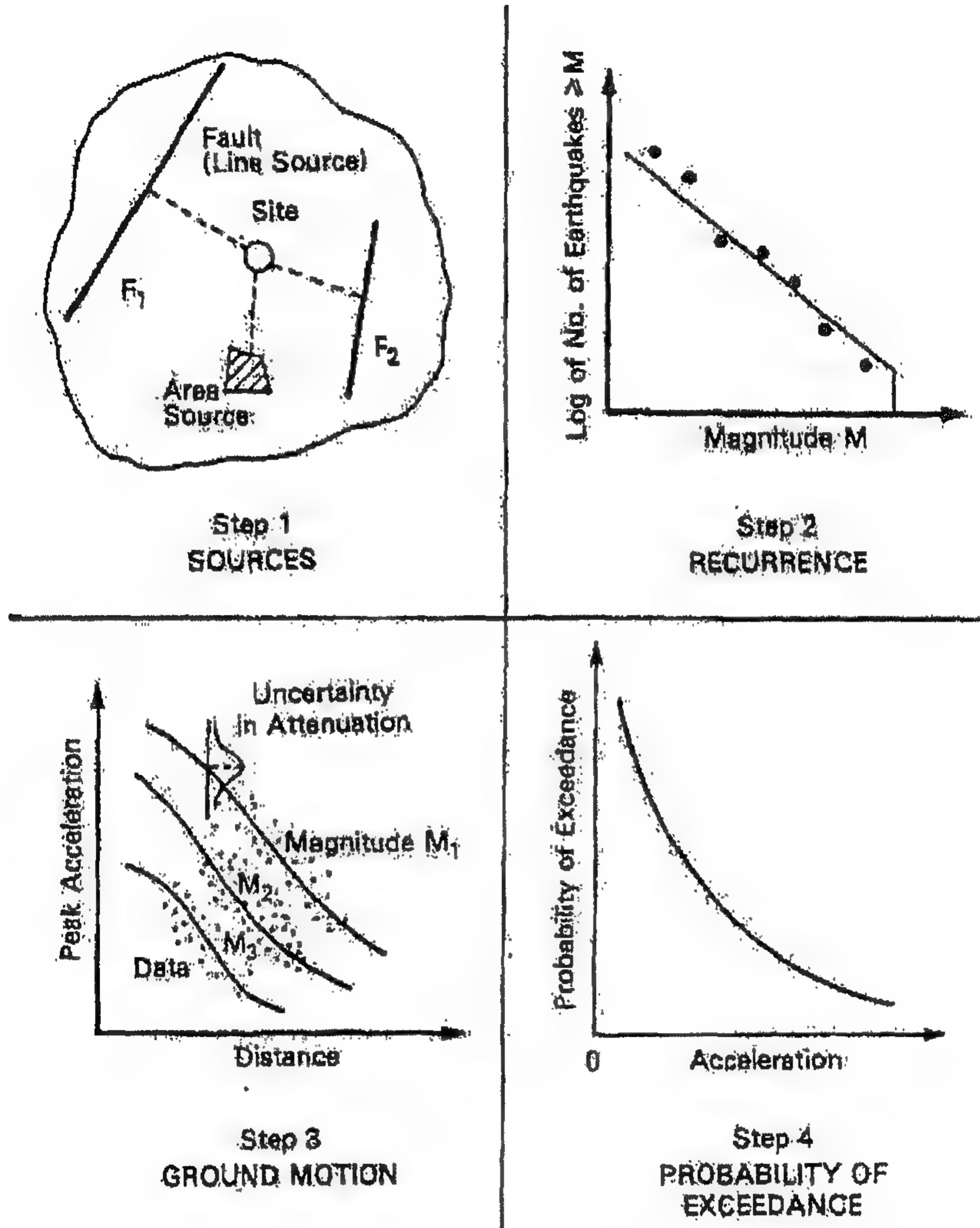
الغالبية العظمى من الزلازل تكون ضعيفة جدا ترصدها الأجهزة فقط و لكن مثل هذا النشاط الزلزالي الدقيق ذا أهمية أكبر لعلماء الزلازل و لكن يهتم مهندسو الزلازل بالهزات الأرضية القوية الكافية للتأثير في الناس وبيئتهم. حيث ان مقياس الشدة الذى يقيس تأثير الزلازل على الناس والممتلكات وكذلك مقياس ريختر الذى يقيس كمية الطاقة المنطلقة لايفيد المهندسين فى حساب الأحمال الواقعة على المباني والمنشآت نتيجة الزلازل ولذا فمن الضروري تحديد العجلة الأرضية الناتجة من الزلزال حتى يمكن حساب الإحمال الواقعة على المباني. و هدف التصميم المقاوم للزلزال هو الوصول الى المنشأ أو المرفق الذي يستطيع تحمل مستوى محدد من الهز دون حدوث ضرر كبير.

ويوصف مستوى الهز بواسطة الحركة الأرضية التصميمية، المقياس الأكثر شيوعا للقيمة العظمى لحركة أرضية معينة هو تسارع القمة . ويكون تسارع القمة الأفقي لمركبة حركة معطاة ببساطة القيمة الأكبر (المطلقة) للتسارع الأفقي المنتج بواسطة جهاز قياس التسارع لتلك المركبة. وبأخذ مجموع المتجه لمركبتين متعامدتين، فإنه من الممكن إيجاد المحصلة الكبرى لتسارع القمة الأفقي. و لقد أعطي تسارع القمة الرأسي اهتماما أقل في هندسة الزلازل من تسارع القمة الأفقية، والسبب الرئيسي لذلك هو أن معامل للقوى الرأسية التي تحدثها الجاذبية الساكنة في الأعمال المنشأة عادة ما تعطي مقاومة كافية للأحمال الديناميكية الناتجة عن التسارعات الرأسية أثناء الزلازل. ويتضح تأثير المركبة الراسية فى الكوابيل والسلام.

وتنشأ أغلب الصعوبات في تعيين الحركة الأرضية التصميمية من اعتمادها الذي لا يمكن تلافيه على القرارات الغير موضعية التي يجب اتخاذها بناء على معلومات غير كاملة أو غير مؤكدة. وتدور هذه القرارات بدرجة كبيرة حول الزمن، والموقع للزلازل المستقبلية و حجم الدمار المتوقع. فإذا كان الدمار الصغير جداً مقبولا، فإنه يجب التصميم عند مستوى هز قوى نسبيا، وستكون التدابير المتطلبة لمقاومة ذلك الهز مكلفة إلى حد بعيد. أما إذا سمح بقبول مستويات أكبر للدمار، فإنه يمكن اعتبار مستويات تصميمية أقل للهز وسيكون التصميم الناتج أقل تكلفه. و حيث أنه من الصعب التنبؤ الدقيق بأكبر قوة زلزالية يمكن أن تؤثر في منشأة ما خلال عمرها الافتراضي فإنه يتم تقدير ذلك من خلال دراسة التاريخ الزلزالي المعروف للمنطقة الموجودة بها المنشأة. سواء الموثوق فيها تاريخيا أو المسجل بواسطة المراصد الزلزالية و بالتالي فإنه يمكن باستعمال النماذج الإحصائية استنتاج قوة أكبر زلزال يمكن أن يحدث في المنطقة خلال عمر المنشأة و كلما اكتملت المعلومات الدقيقة عن الزلازل التي حدثت في الماضي ، و كلما طال هذا التاريخ (الموثوق تاريخيا و المسجل بالأجهزة) زادت مصداقية قيمة القوة المحسوبة إحصائيا لأكبر زلزال يحتمل أن يحدث في المستقبل. و من هنا تظهر الأهمية القصوى لشبكات الرصد الزلزالي. و يتم ذلك إما باستخدام الطرق التحديدية أو الطرق الاحتمالية

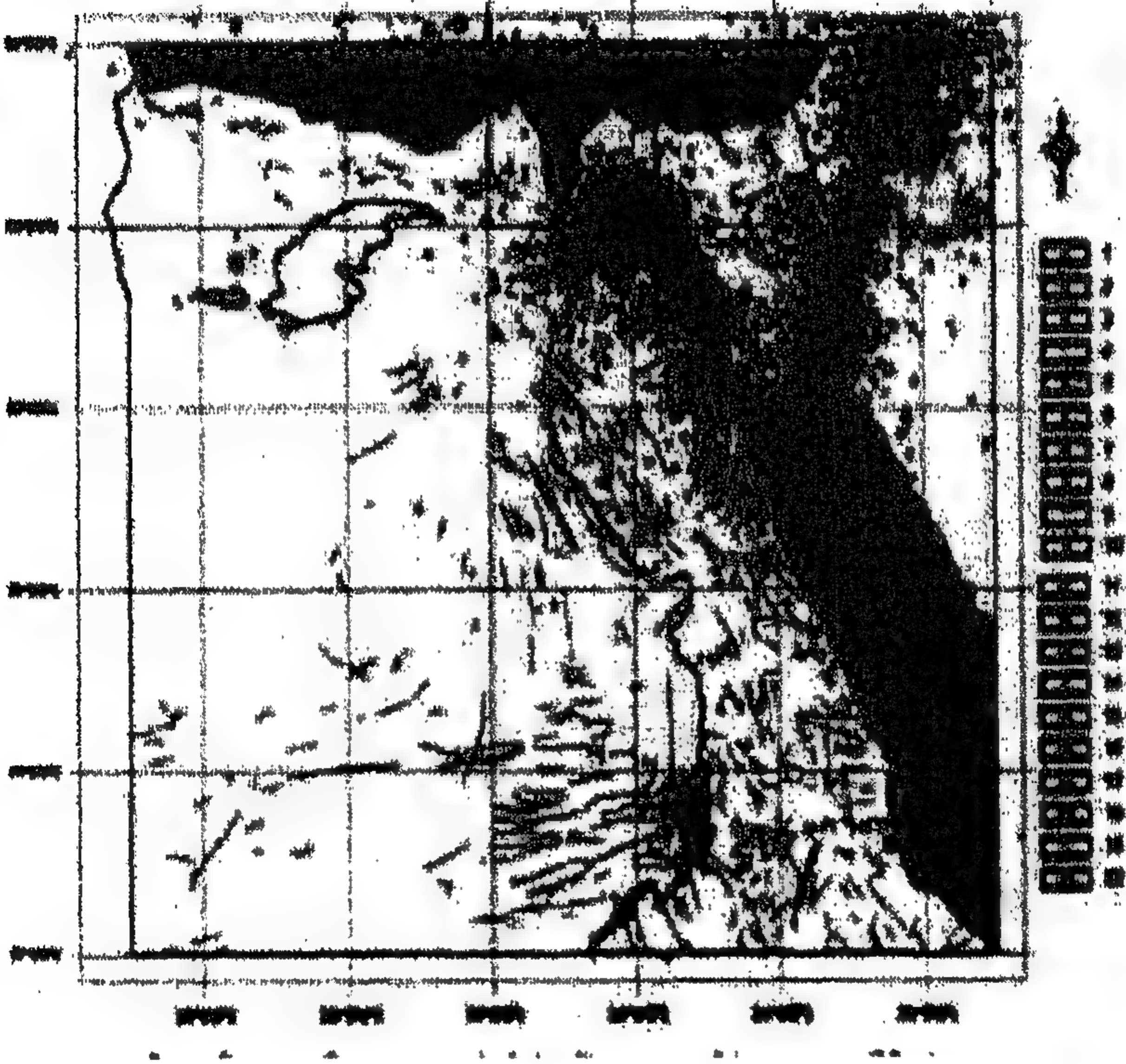
ففي حالة الطرق التحديدية يتم تحديد اقرب فالق زلزالي و حساب أقصى قوة متوقعة في حالة حدوث زلزال على هذا الفالق والحركة الأرضية الناتجة عنه في منطقة الدراسة وتستخدم هذه الطرق عادة في الدراسات التفصيلية عند إنشاء موقع المدن الجديدة أو المنشآت ذات الأهمية الخاصة مثل السدود ومحطات الطاقة النووية .

أما في حالة الطرق الاحتمالية التي تستخدم لتحديد تكرارية حدوث الزلازل في المستقبل بقيمة معينة لكل منطقة تتم على خطوات ١ تعريف مصادر الزلازل ٢ تحديد تكرارية حدوثها لكل مصدر ٣- تحديد أقصى عجلة محتملة من معرفة شدة الزلازل ٤ - تحديد احتمالية الحدوث لعدة مستويات من العجلة الأرضية للموقع خلال فترة زمنية حيث يتم تحديد جميع النطاقات الجيوتكتونية ذات العلاقة بالنشاط الزلازلي التاريخي والحديث في المنطقة والمناطق المحيطة وحساب أقصى قوة متوقعة من كل نطاق جيوتكتوني على حدة ثم حساب أقصى عجلة متوقعة خلال فترة زمنية مستقبلية.



شكل (٢-٣) مراحل الطرق الاحتمالية

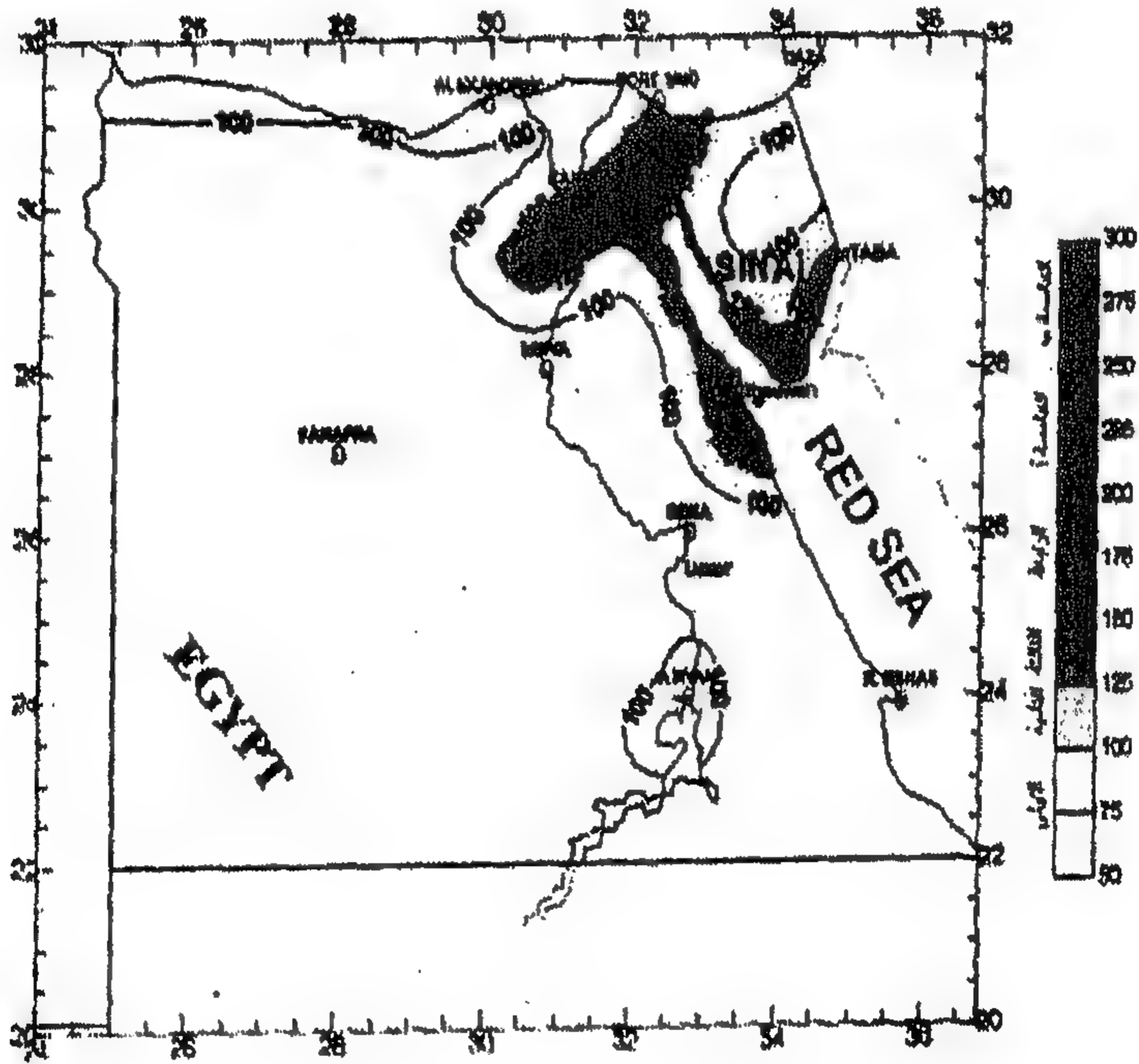
يوضح شكل (٢-٤) خريطة توضح مناطق توزيع الزلازل فى جمهورية مصر العربية و يتضح بها أن منطقة البحر الاحمر منطقة حساسة تحدث بها أكثر الزلازل فى مصر.



شكل (٢-٤) خريطة توضح مناطق توزيع الزلازل فى جمهورية مصر العربية
(د. عبد العال حسن جريدة الاهرام ٢٠١٢/١١/٤)

كما يوضح شكل رقم (٢-٥) خريطة اقصى عجلة متوقعة لحركة سطح الأرض مقدرة فى المناطق المختلفة لجمهورية مصر العربية باحتمال عدم زيادة فى حدود ٩٠ % لفترة زمنية ٥٠ سنة والمأخوذ بها فى تصميم المباني و يظهر منها

أن جمهورية مصر العربية من المناطق ذات الشدة الزلزالية القليلة إلى المتوسطة وأن منطقة البحر الأحمر و جنوب خليج السويس تمثل أعلى قيمة للعجلة الأرضية و تبلغ من ٠.٢٥ - ٠.٣٠ من عجلة الجاذبية أما المناطق الأخرى في سيناء و جنوب الدلتا و شمال بحيرة ناصر فتتمثل درجات خطورة متوسطة حيث تتراوح من ٠.١ - ٠.١٥ من عجلة الجاذبية أما معظم مناطق الصحراء الغربية و الشرقية فتتراوح العجلة بها ما بين ٠.٠٧٥ - ٠.١ من عجلة الجاذبية و هي تمثل درجات خطورة منخفضة.



شكل (٢-٥) عجلة حركة سطح الأرض لمصر باحتمال عدم زيادة في حدود ٩٠ % لفترة زمنية ٥٠ سنة

حركة الأرض أثناء الزلازل عشوائية في الخصائص ويمكن وصف حركات الأرض الناجمة عن الزلازل بثلاثة مركبات للانتقال وثلاثة مركبات للدوران عند نقطة معينة. و يمكن إهمال مركبات الدوران وغالبا ما تقاس الثلاث مركبات المتعامدة لانتقال الهزات. وتحتوى تسجيلات حركة الأرض النموذجية، مثل تغير التسارع مع التاريخ الزمني الموضحة في الشكل (٢-٦) كمية هائلة من المعلومات. ولكي نعبر عن كل هذه المعلومات بدقة فإنه يجب وصف كل التواء أو انحناء في كل رسم. و تجعل هذه الكمية الكبيرة من المعلومات وصف الحركة الأرضية دقيقا ولكن مرهقا.

و ليس من الضروري الحصول على كل تاريخ زمني على نحو دقيق لوصف الحركة الأرضية و لكن يجب وصف الخصائص للحركة الأرضية التي لها أهمية هندسية. هناك ثلاث خصائص لحركة الزلازل ذات أهمية أساسية: الإزاحة و سعة التردد، و فترة الحركة (مدة الزلازل) كما تلاحظ أن الخسائر في المباني والمنشآت تكون أكبر ما يمكن إذا تطابقت (تداخلت) كل من الترددات الطبيعية للموجات الزلزالية، والتردد الطبيعي للتربة (في المواقع المقامة عليها المباني)، والتردد الطبيعي للمباني والمنشآت.

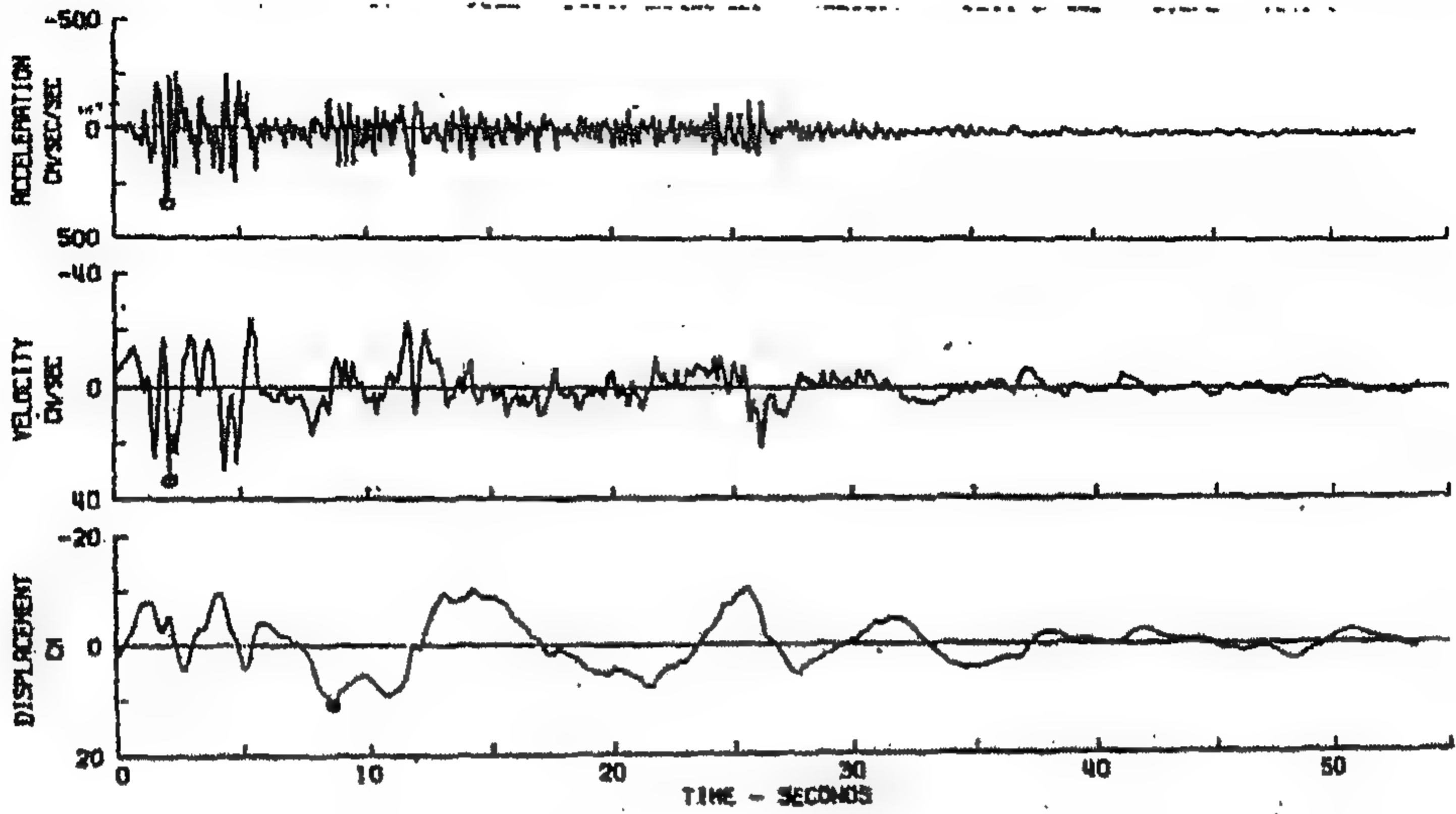


Fig.(2-6) Ground acceleration and integrated ground velocity and displacement curves for a typical earthquake

طيف الاستجابة

كما يستعمل نوع ثانى من الطيف بكثرة في ممارسة هندسة الزلازل و هو طيف الاستجابة، حيث يتم تبسيط شكل العجلة الأرضية للتصميم بإستنتاج طيف التجاوب المرن شكل (٧-٢) الذى يربط بين أقصى عجلة والتردد الطبيعى للمبنى و يتم إعداده عن طريق حساب تجاوب نظام أحادى الحرية بخصائص إخماد مختلفة حيث تسجل أكبر قيمة و تصبح هى المعبرة عن النظام عند التعرض للحركة. ويمكن رسم أطراف الاستجابة منفردة لمقاييس لوغارىتمية، في رسومات ثلاثية المحاور (شكل ٧-٢ ج) ويظهر الرسم ثلاثي المحاور السرعة الطيفية (spectral velocity) على المحور الرأسى، والتردد الطبيعى (أو الفترة) على المحور الأفقى، والتسارع والإزاحة على المحاور المائلة.

وتقل التسارعات الطيفية مع زيادة اللدونة، ولكن تزيد الإزاحات الكلية. ومنه يتضح أن كلما زادت الجساءه أو كتلة المبنى يقل التردد الطبيعي وتزداد العجلة مما يسبب قوة أعلى على المبنى و بالتالى فإنه يمكن أن يكون زياده قطاعات المبنى سببا فى زياده الاحمال على المبنى .

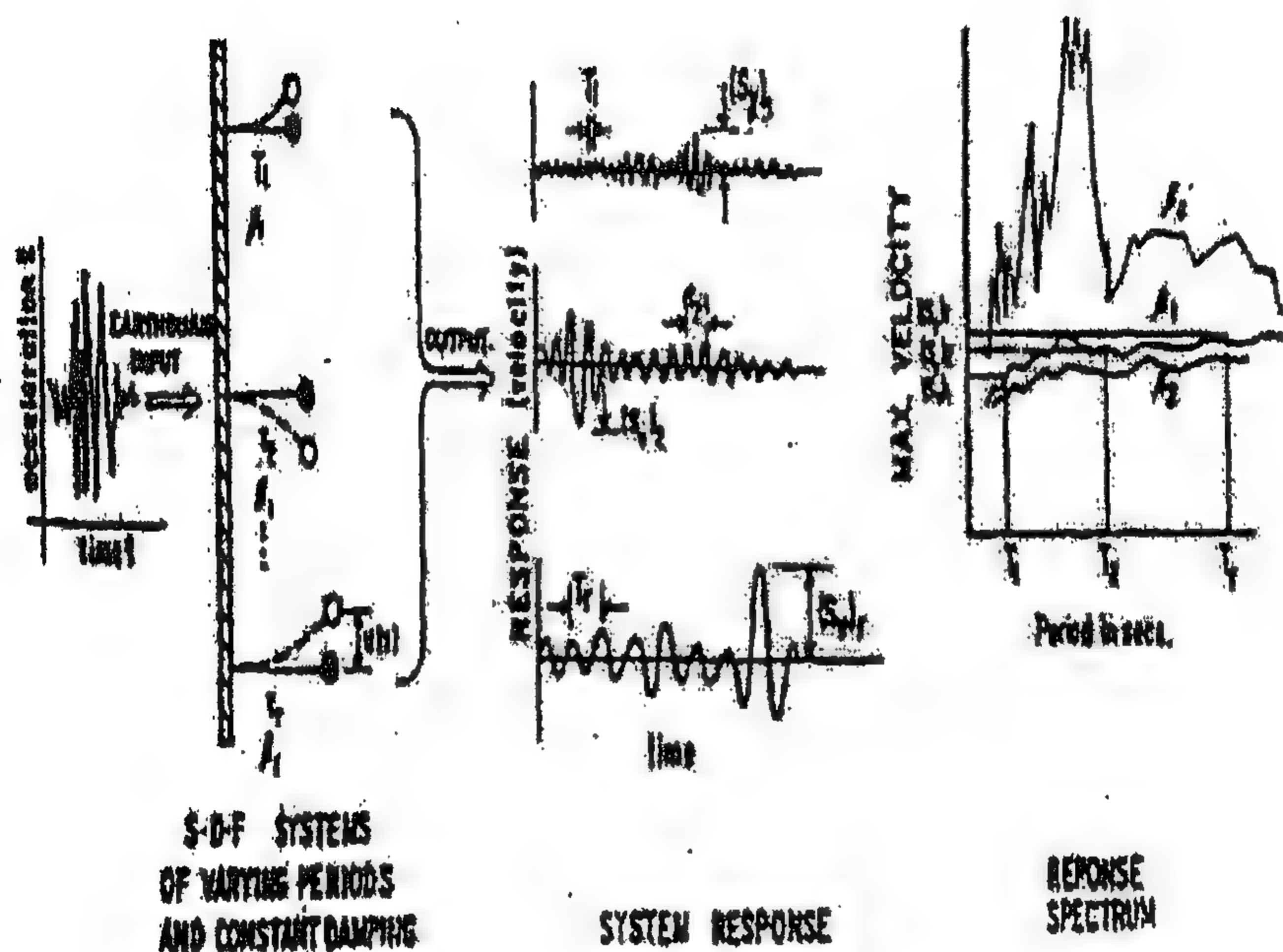


Fig. 2-7 a Schematic interpretation of response spectrum

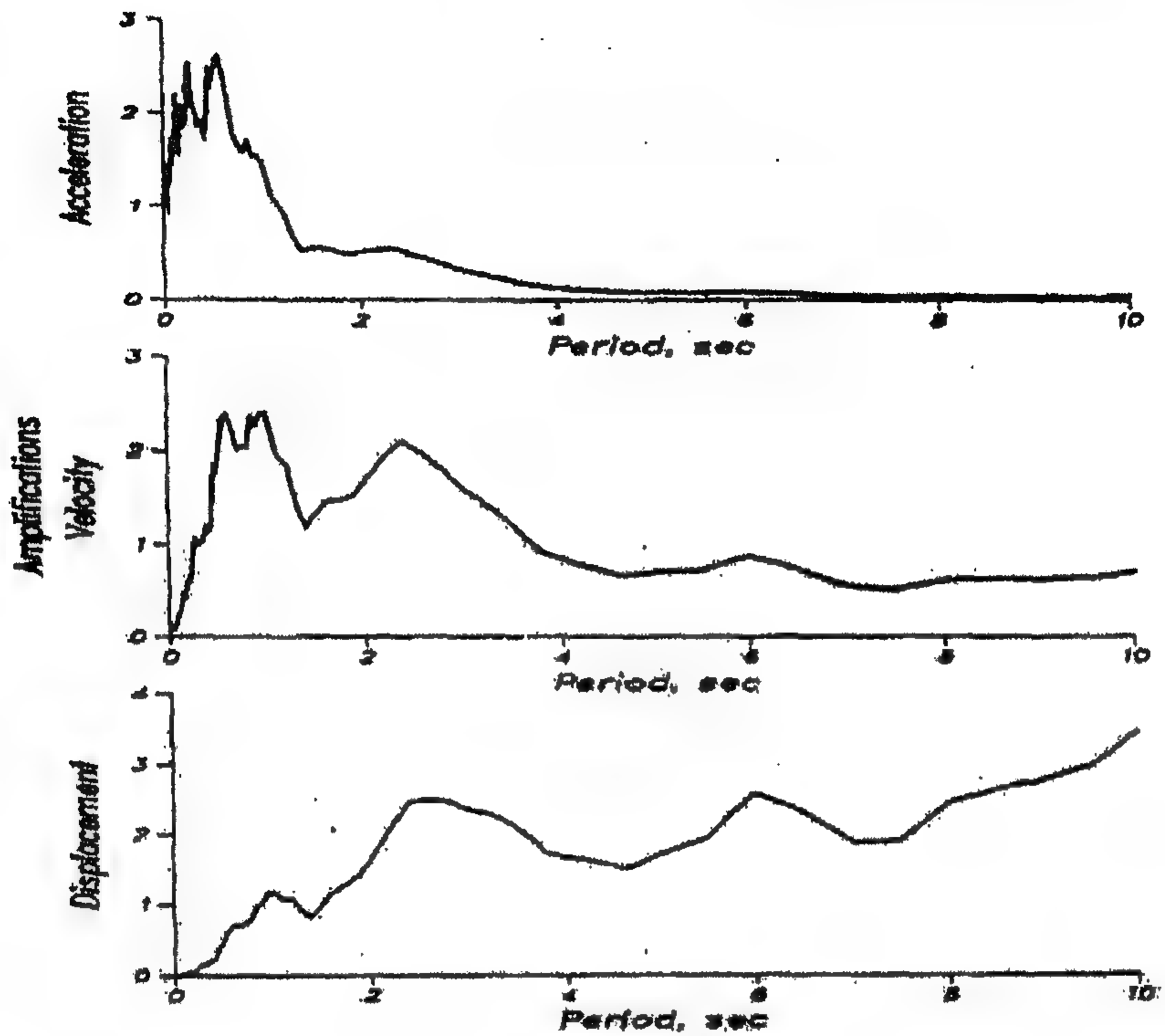


Fig. 2-7 b Acceleration, velocity and displacement amplifications plotted as a function of period for 5% damping for the S00E component of El Centro

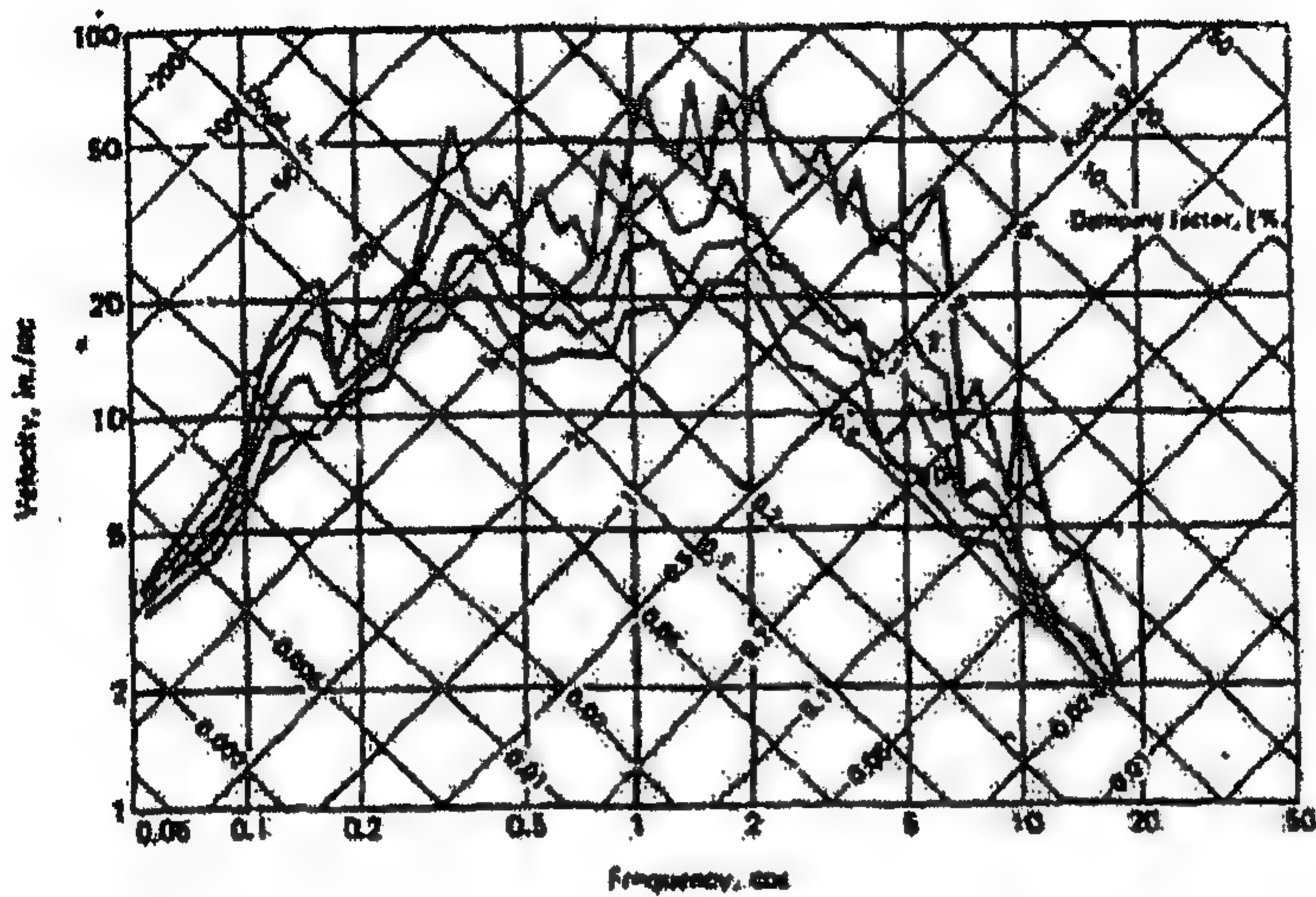


Fig. 2-7 c Schematic interpretation of response spectrum

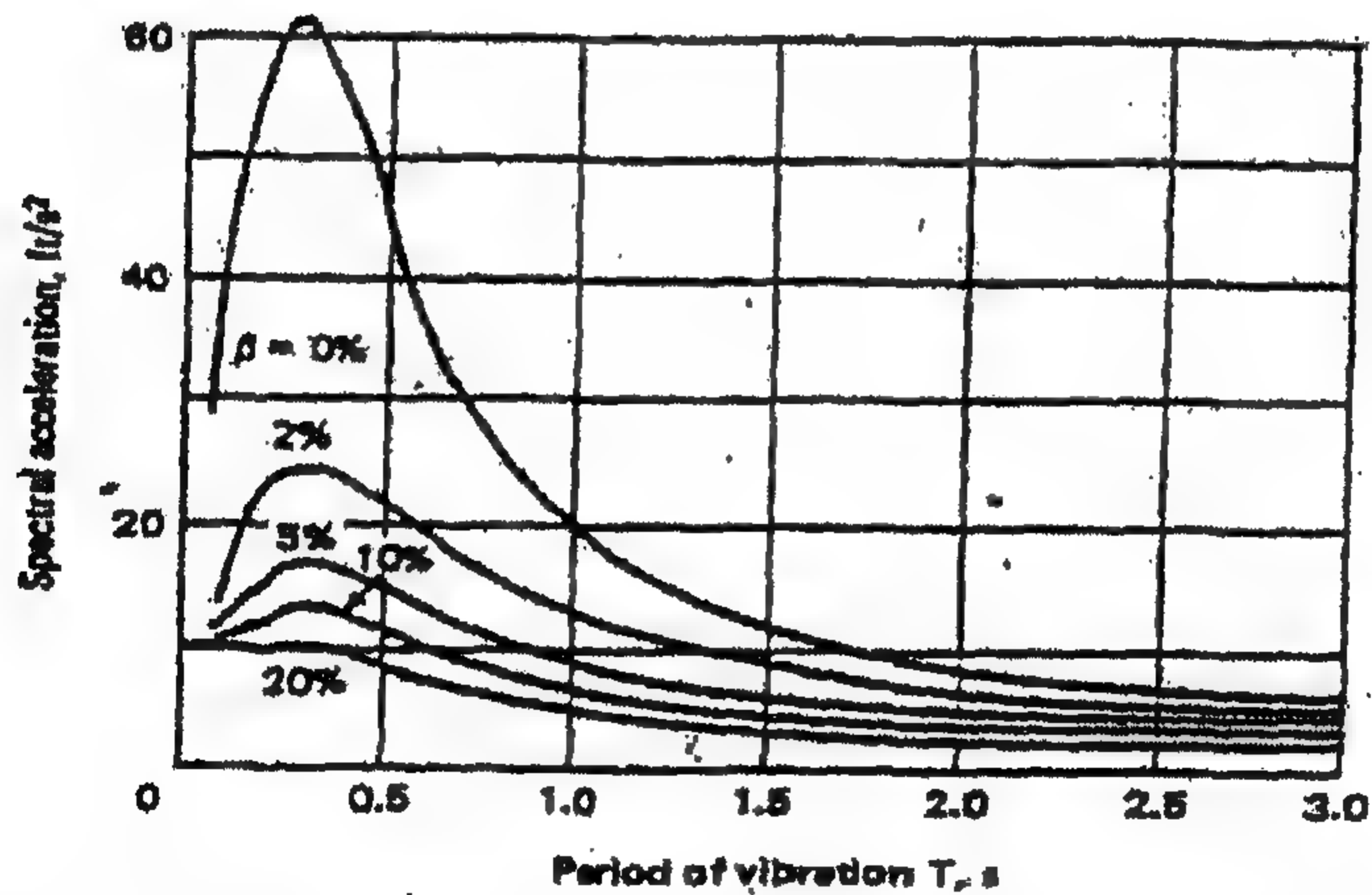


Fig. 2-7 d Smoothed out acceleration spectra for El Centro earthquake

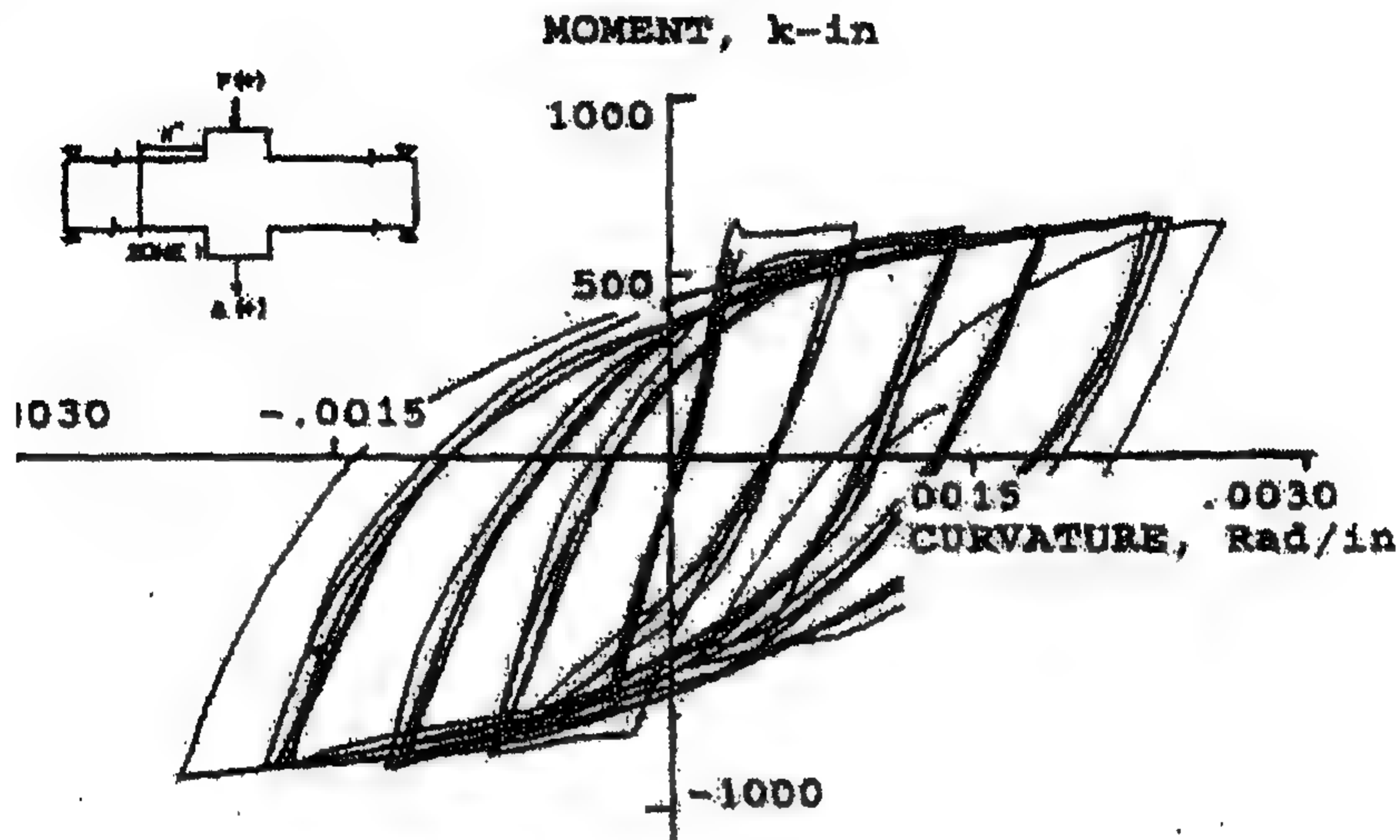
٢-٢ تأثير الزلازل على المباني الخرسانية المسلحة

يجب أن يوازن كود الزلازل بين زيادة الحماية في المنشآت مما يسبب زيادة التكلفة و بين تقليل الخسائر في حالة حدوث زلزال مدمر. إلا أنه وجد أنه ليس من الاقتصادي أن تصمم المباني الخرسانية المسلحة بدون شروخ لكل الزلازل، حيث أن أقصى شدة زلزالية يمكن أن يتعرض لها منشأ خلال عمره الافتراضي تعتبر ضئيلة و لذلك وضعت مواصفات الزلازل إلى تأمين مستوى أدنى من التصميم يسمح للمباني بالتالي : أن تقاوم المباني الزلازل الضعيفة بدون حدوث شروخ وأن تقاوم الزلازل المتوسطة بدون أضرار بالعناصر الإنشائية مع احتمال حدوث بعض الأضرار بالعناصر غير الإنشائية وكذلك تقاوم الزلازل الشديدة بدون انهيار ولتحقيق هذا فيتم التصميم بحيث يسمح أن تتخطى المواد المستخدمة في الإنشاء حدود المرونة في حالة الزلازل الشديدة وذلك بالسماح بتكون مفاصل لدنة (نقاط ضعف) تسمح بتسرب الطاقة الناتجة من الزلازل بدون حدوث انهيار للمبنى و لكن في المنشآت المهمة مثل محطات الطاقة أو المنشآت عالية التكلفة يتطلب أن يكون التصميم لأي شدة زلزالية في مرحلة المرونة.

لذلك فبالإضافة إلى الجساءة و المقاومة الواجب توافرها للعناصر الخرسانية المسلحة فإنه يجب توافر الممتطولية لمقاومة الزلازل وهي قدرة العنصر على حدوث تشكلات لدنة بدون حدوث انهيار حيث توجد هذه الخاصية في حديد التسليح بشكل خاص حيث ينقطع بعد أن تحصل له استطالة كبيرة . حيث أن وجود حديد التسليح في الخرسانة يمنحها لدونة كبيرة. يمتص التغير في الشكل والطاقة ويؤجل الانهيار الكامل للخرسانة المسلحة ، وبهذا فإنه يتم الاعتماد على خاصية اللدونة لامتصاص الطاقة التدميرية ولمنع الانهيار في الحالات النادرة عندما تزيد قوى الزلازل عن تلك التي صمم لها المبنى .

و تنتقل القوى العرضية المتولدة في المباني الخرسانية نتيجة الزلازل الى عناصر المقاومة الرأسية عن طريق الأغشية الصلبة **Diaphragms** و تنقسم انظمة مقاومة الزلازل في الغالب الى حوائط القص او الاطارات. حوائط القص عبارة عن جدران كابولية رأسية مصممة لاستلام القوى الأفقية من الأغشية الصلبة ونقلها إلى الأرض و تتكون في هذه الحوائط قوى القص. اما الاطارات المقاومة للقوى الأفقية الزلزالية فإن هذه المقاومة تتم عبر عزوم الانثناء وقوى القص التي تنشأ في الأعمدة والكمرات الملتحمة مع بعضها بوصلات تقاطع قوية.

تعتمد فكرة الإطارات في المقاومة على امتصاص الطاقة في حالة الزلازل الكبيرة بحيث يحصل لديها تغيير دائم في الشكل قبل حصول الانهيار النهائي . تعتبر الإطارات المسلحة والتي تحتوي على كمية كبيرة من حديد التسليح فعالة كإطارات لدنة **Ductile** حيث تغير شكلها وتحتفظ بمقاومتها قبل الانهيار ولا تنهار بشكل هش **Brittle** . ولذلك فإن التصميم بأسلوب (الأعمدة القوية والكمرات الضعيفة) هو الأسلوب المناسب للمباني الإطارية حيث يعتمد التصميم على التصرف اللدن في الكمرات بعيدا عن الأعمدة وكذلك تجنب شروخ القص أو الانزلاق للأسياخ للكمرات وذلك حتى لا تؤثر على السلامة الإنشائية للمبنى كما يجب الاهتمام بتفاصيل الوصلات و ذلك حتى تكون للعناصر الخرسانية المسلحة قابلية لمقاومة تغييرات كبيرة لدنة و معكوسة. حيث يوضح شكل (٢-٨ أ) العلاقة بين العزوم و الدوران التي تحكمها الانثناء و هو المطلوب في التصميم حيث يسمح بتصرف عالي للطاقة و ليس كما بالشكل (٢-٨ ب) و الذي يتضح منه تأثير انهيار القص و لا يسمح بتسرب عالي للطاقة.



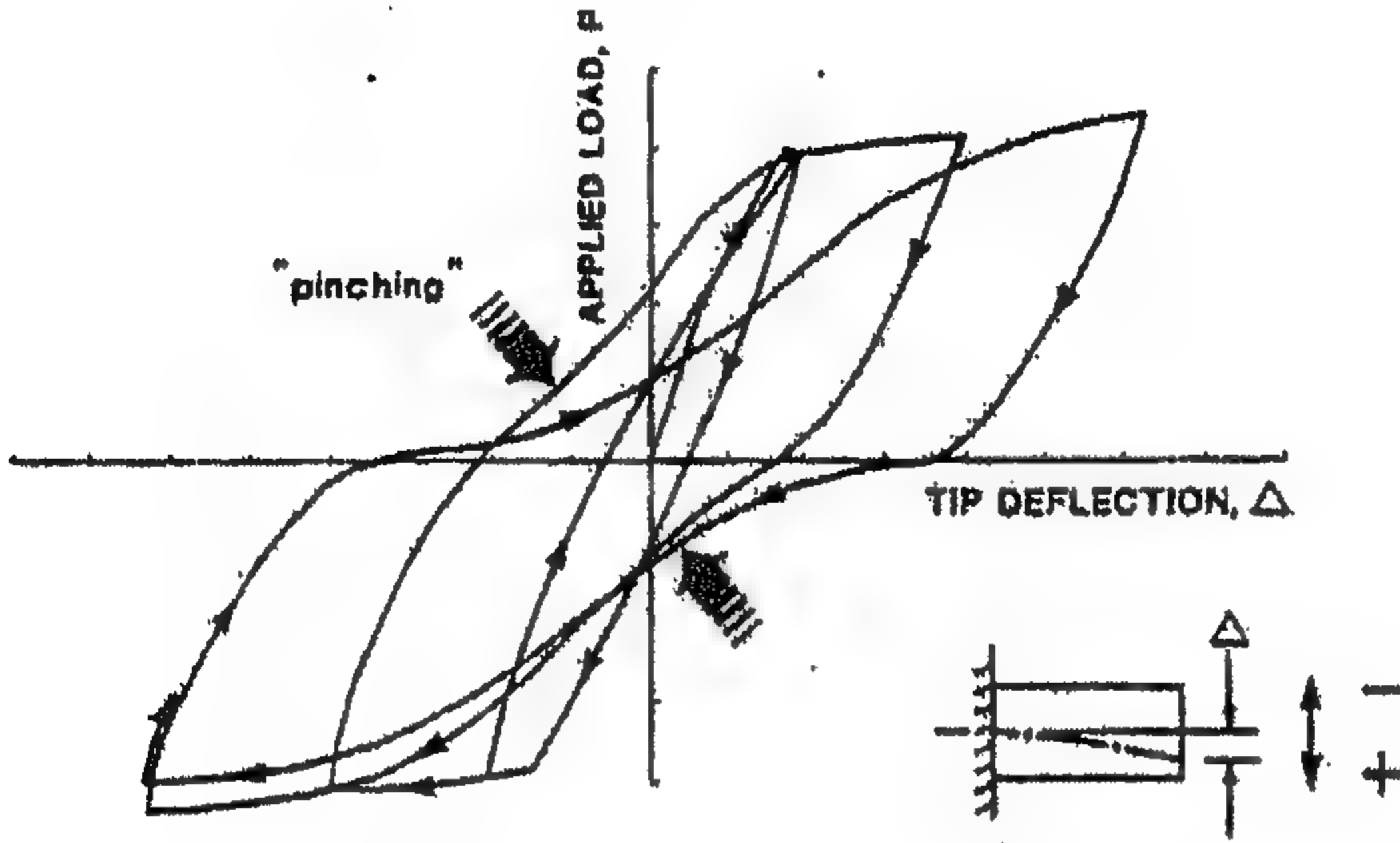
شكل (٢-٨) يوضح الحركة الترددية (أ) منحني يسمح بتسرب عالي للطاقة
(ب) تسرب محدود للطاقة

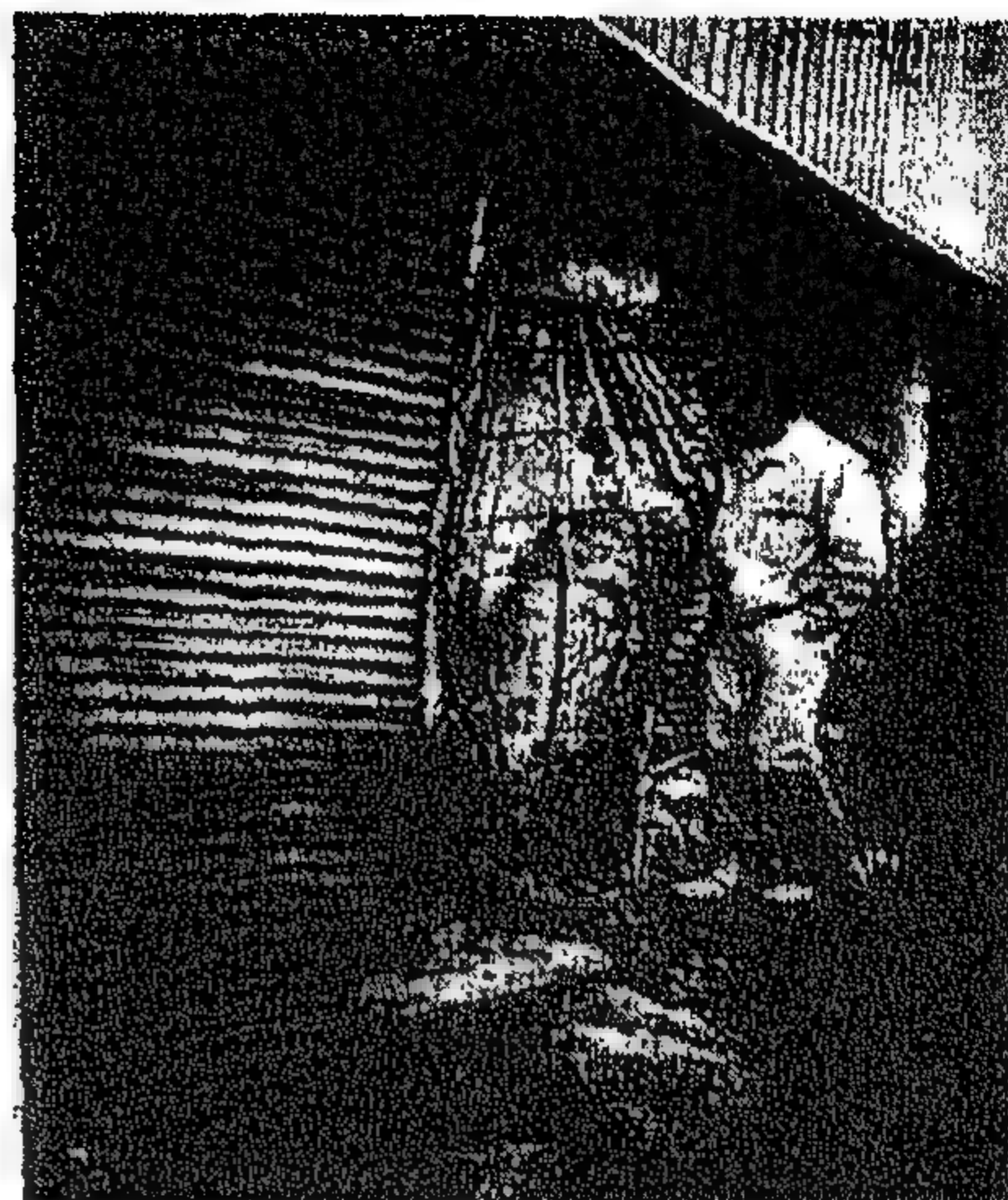
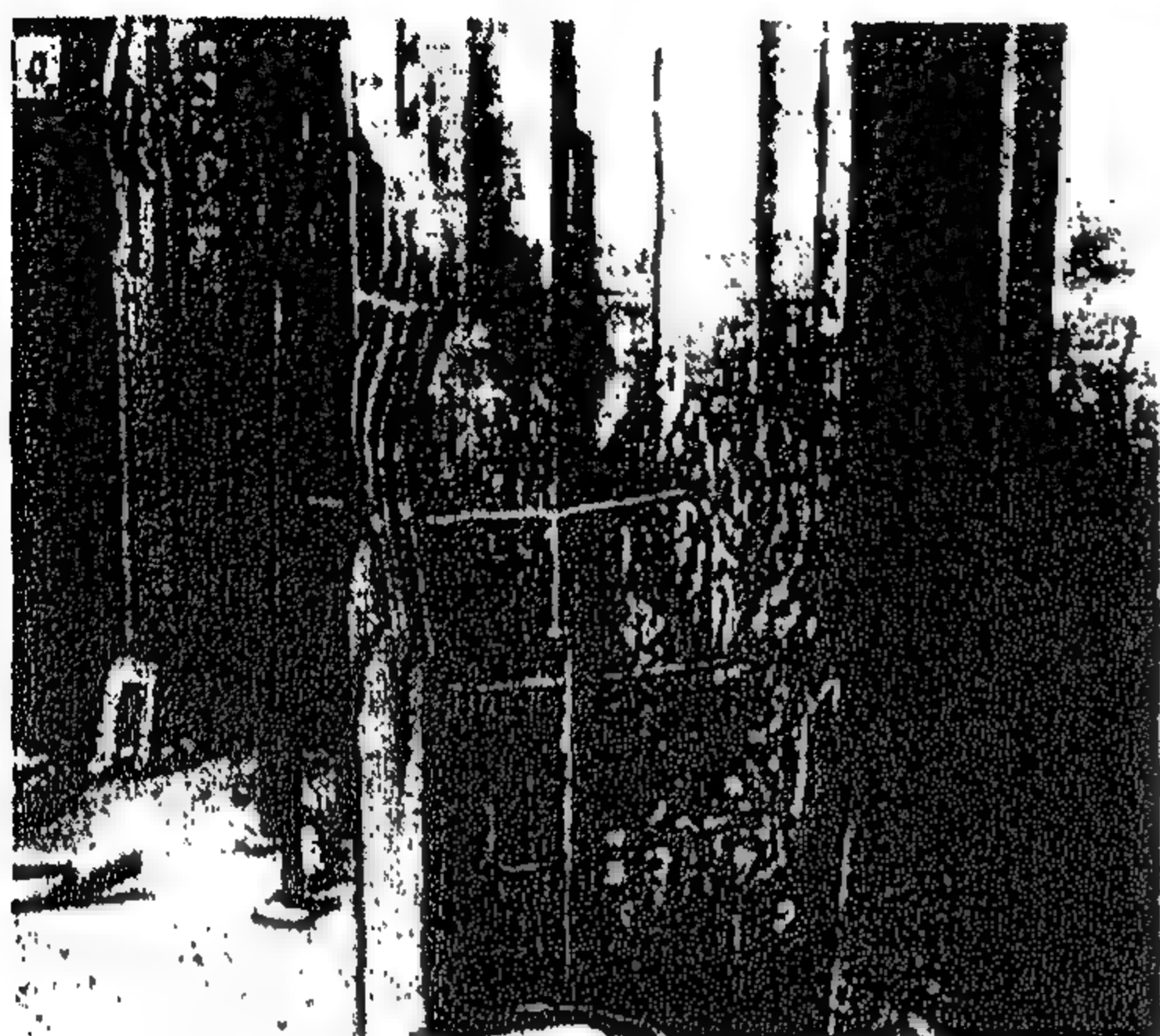
الأعمدة

الأعمدة هي أكثر العناصر التي تتعرض للانهييار عند حدوث الزلازل شكل (٢-٩) و لذلك فإن الطاقة الزلزالية التي تتسرب أثناء التشكلات الغير مرنة للكمرات تحمي الأعمدة من الإنهيار (في حالة حركة الأرض القوية) و لذلك يجب التصميم على أساس الأعمدة القوية و الكمرات الضعيفة وذلك بأنه تكون مجموع العزوم القصوى للأعمدة عند الوصلة تحت الأحمال الرأسية تكون اكبر ب ١.٢ من مجموع العزوم القصوى للكمرات عند نهاية الوصلة في نفس الإتجاه و وجود الكانات في الأعمدة يزيد مقاومة القص و الممتطولية وتزيد من مقاومة الأعمدة للأحمال الأفقية

الفصل الثاني : تأثير الزلازل على المباني

الترددية، شكل (٢-١٠) ، كما إن زيادتها عند الأطراف تمنع الإنهيار المحتمل حدوثه في الأطراف كما يجب استمرارها داخل الوصلات.





شكل (٢-٩) انهيار بعض الاعمدة نتيجة الزلازل.

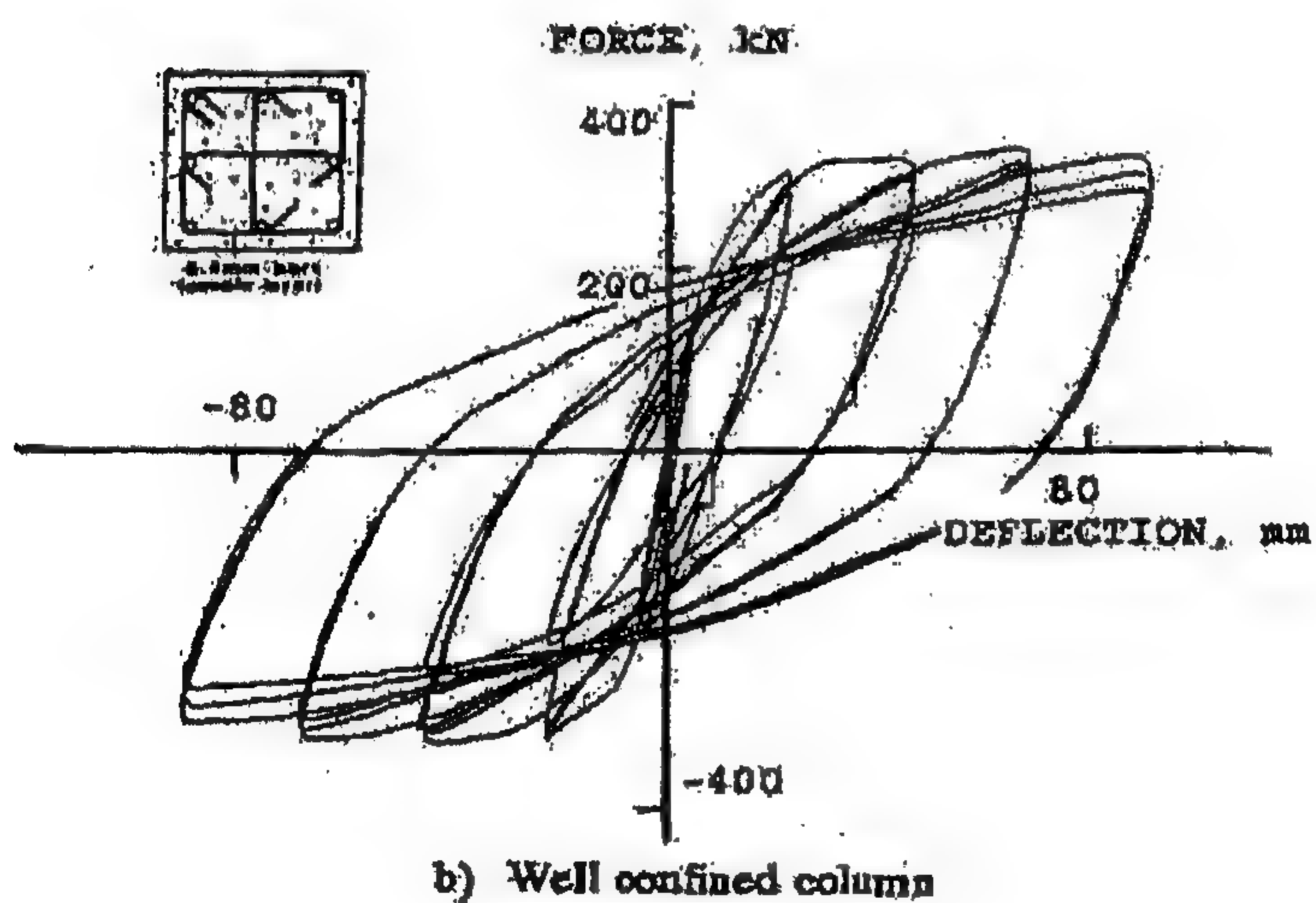
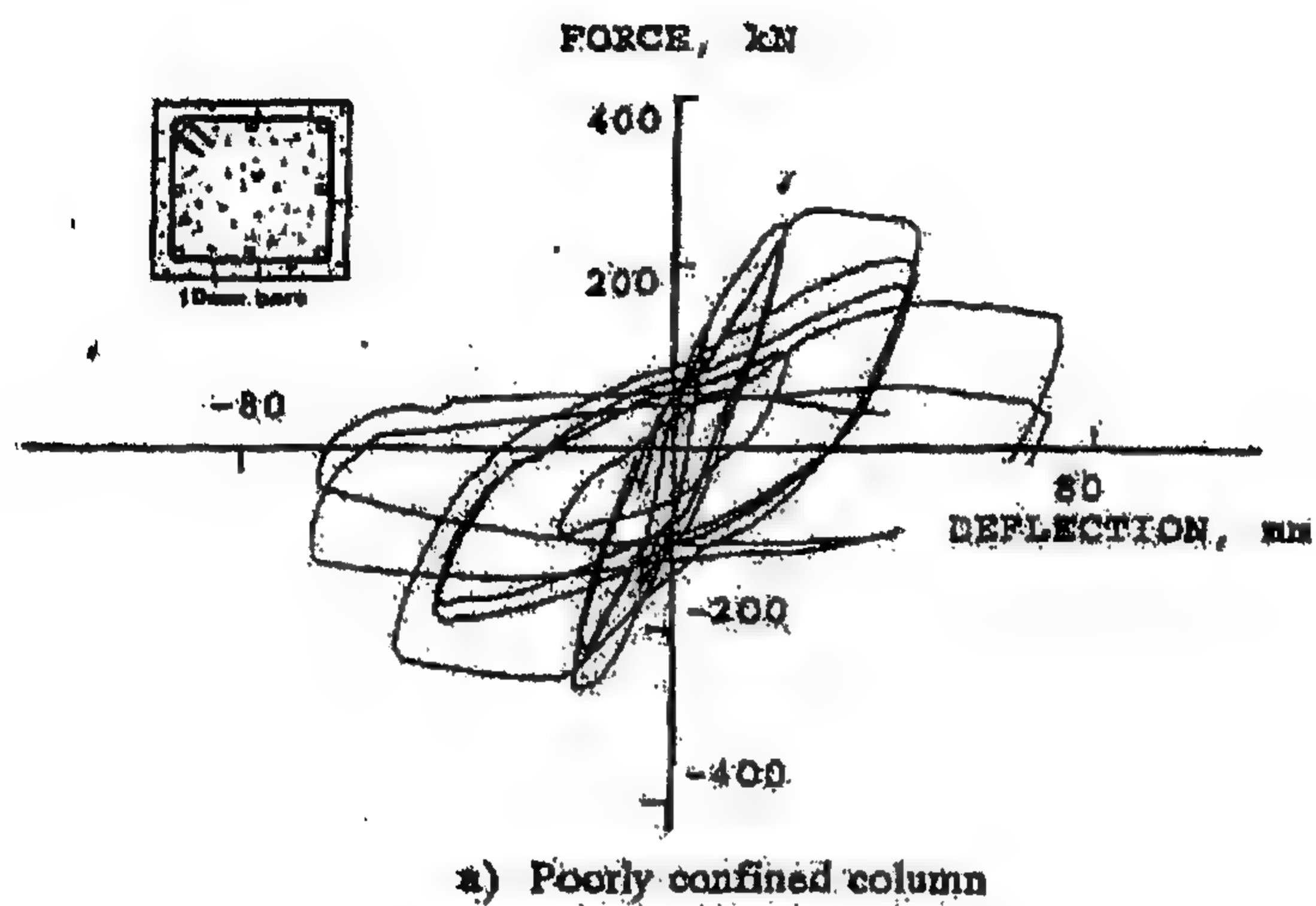
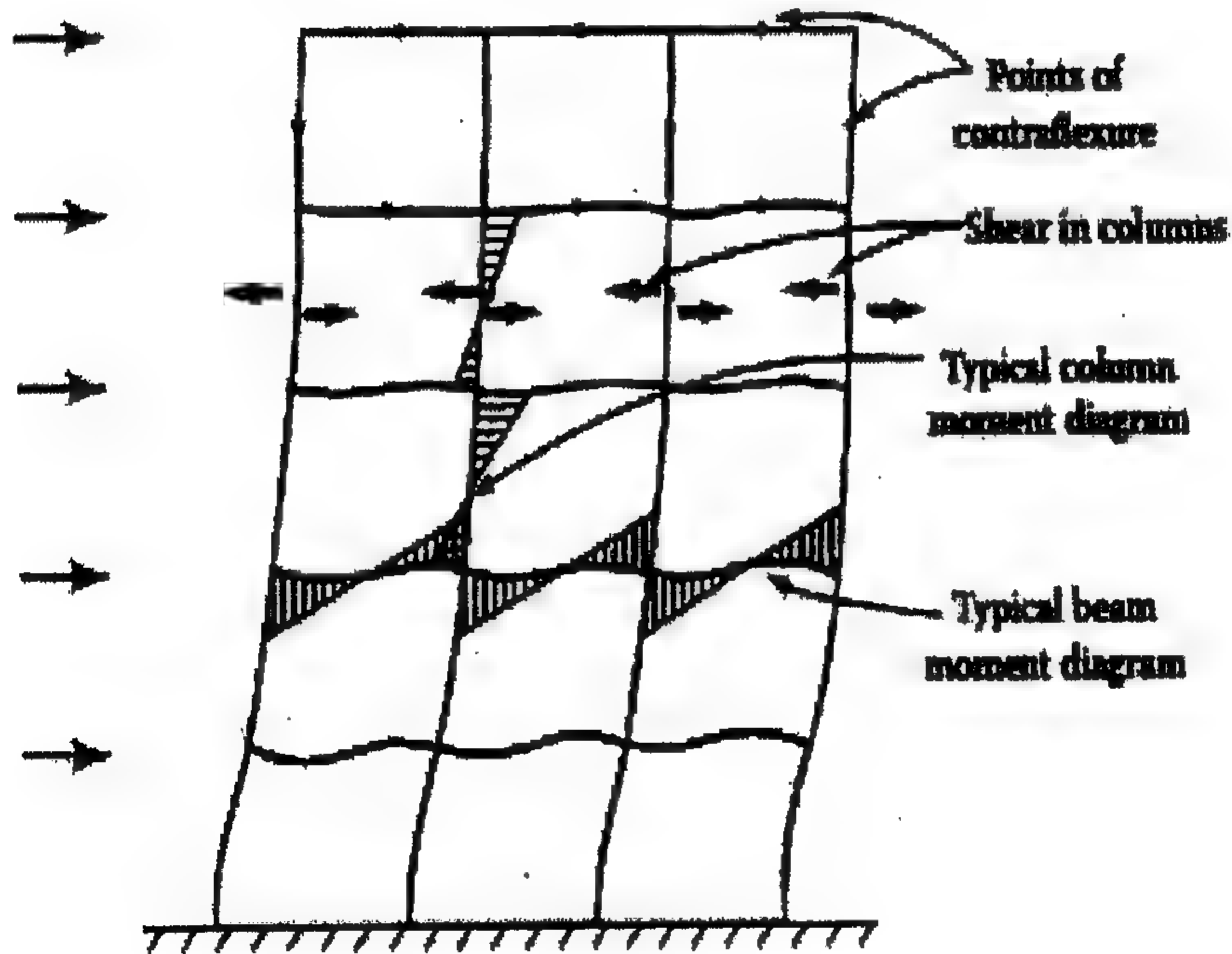


Fig. 2-10 Effect of column confinement on Hysteretic response

الكمرات

إن الكمرات من العناصر الحرجة أثناء الزلزال نظرا لان منطقة الكمرات بجوار الأعمدة و المعرضة أثناء الزلزال لاحمال متكررة و تشكلات لدنة، لذلك من المفضل أن يتم تصميم الكمرات ضد الزلازل على أساس ان يكون الانهيار نتيجة العزوم و ليس القص أو انزلاق الإسياخ لما تسببه من انهيار قصف و لذلك يجب الاهتمام بالكانات و ذلك لتحزيم قطاع الكمرة و لمنع الحديد الطولى فى الكمرات و المعرض للضغط من الإنبعاج و لمقاومة قوى القص. كما يجب أن يتحرك مكان نقطة الضعف من جوار العمود مباشرة و ذلك بأن يكون الحديد العلوى و السفلى يساوى $3/2$ من الحديد عند وجه العمود.



شكل (٢- ١١) العزوم المتولدة الكمرات نتيجة الزلازل

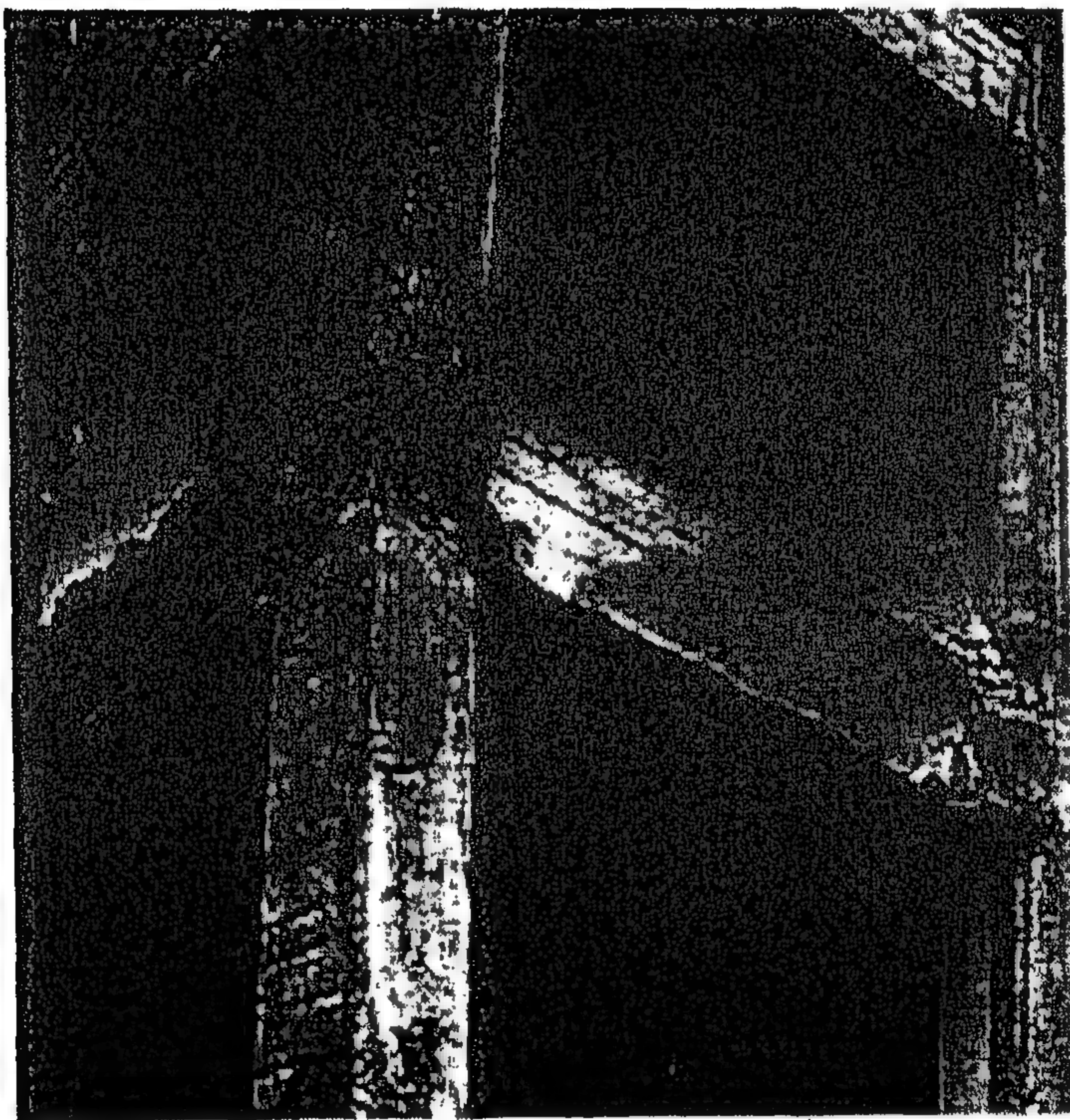


Figure 2-12 Damage to a nonductile reinforced concrete beam

الوصلات

يجب أن تكون تفاصيل الوصلات قادرة على ربط الأعمدة و الكمرات و على حفظ المتانة والجساءة عندما تتحرك حركات لدنة حيث أن فقد المتانة للوصلات من الحركات الترددية أثناء الزلزال ممكن أن يؤدي إلى زيادة الإزاحة العرضية مما يؤثر على أتران المبنى لتأثير $P - \Delta$ و لتجنب الإنهيار الفجائي و لمنع شروخ الوصلات فيفضل استمرار كانات الأعمدة و تكثيفها في الوصلة و استخدام الحديد العلوى و السفلى في أطراف الكمرات متساوى تقريبا و باقطار صغيرة حتى يكون طول الرباط للشد صغير وإنهاء هذا الحديد على شكل خطاف قياسى داخل الأعمدة

الخارجية. كما أن الأبحاث أثبتت أن مساحة المقطع الأفقى للوصلة أهم عامل فى مقاومة القص للوصلة. كما يجب استمرار الحديد العلوي للبلاطات والأعصاب عبر الكمرات المحيطة بها أو إنهاؤه بشكل متشابك مع هذه الكمرات و كذلك العناية بتسليح القص فى الكمرات والأعمدة فى المناطق القريبة من اتصال الكمرات مع الأعمدة وكذلك فى رقاب الأعمدة.



شكل (٢-١٣) انهيار الوصلة



شكل (٢-١٤) انهيار المنشأ نتيجة انهيار الوصلات

الحوائط الخرسانية

تلاحظ في الزلازل الأخيرة قلة الشروخ في الحوائط الغير إنشائية في المباني المدعمة بحوائط القص حيث يعتبر وجود حوائط القص في المباني طريقة اقتصادية وفعالة لمقاومة الإزاحات النسبية بين الأدوار عند حدوث الزلازل و بالتالي تقليل الشروخ الممكن حدوثها نتيجة الحركة النسبية.

و يعتبر النظام الإنشائي المقاوم للزلازل و المكون من الاطارات و حوائط القص من النظم الفعالة لمقاومة الزلازل حيث تعتبر الكمرات في الاطارات اماكن لتسرب الطاقة بالاضافة الى ان وجود الحوائط يقلل من الازاحات الحرجة في المناسب

السفلية من الاطارات. كما يمكن ربط الحوائط بكمرات قوية لزيادة فعالية مقاومة الحوائط.

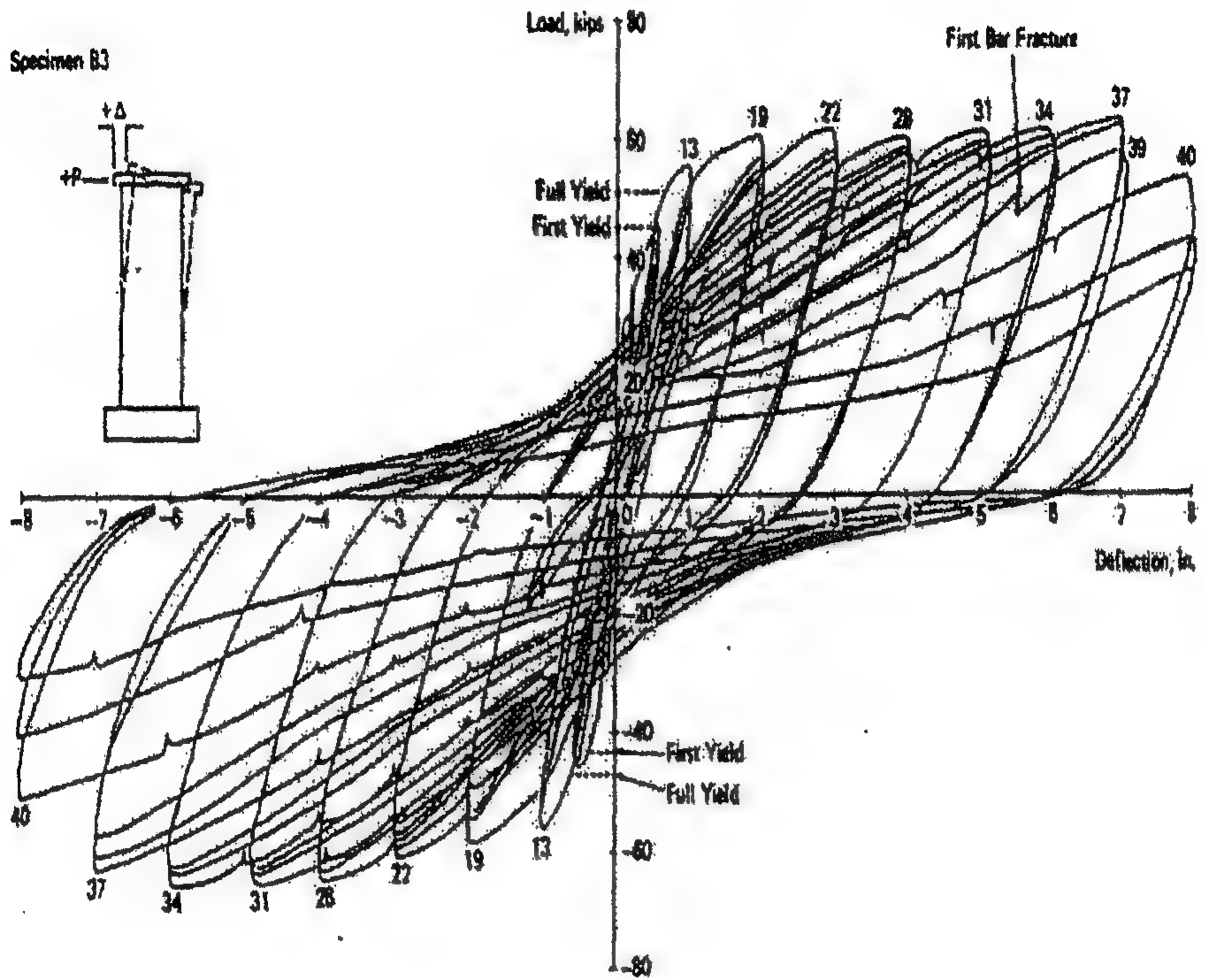
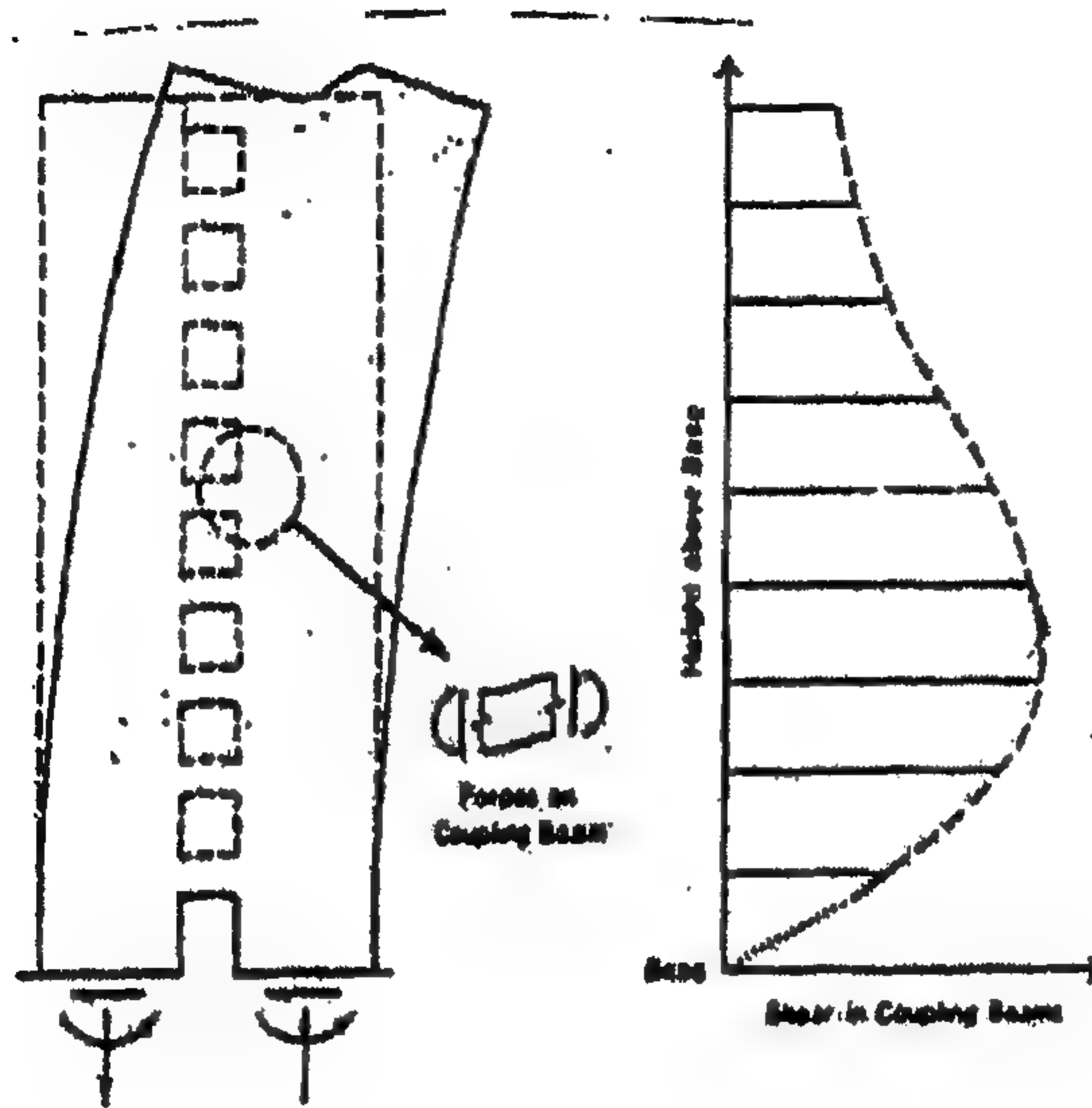
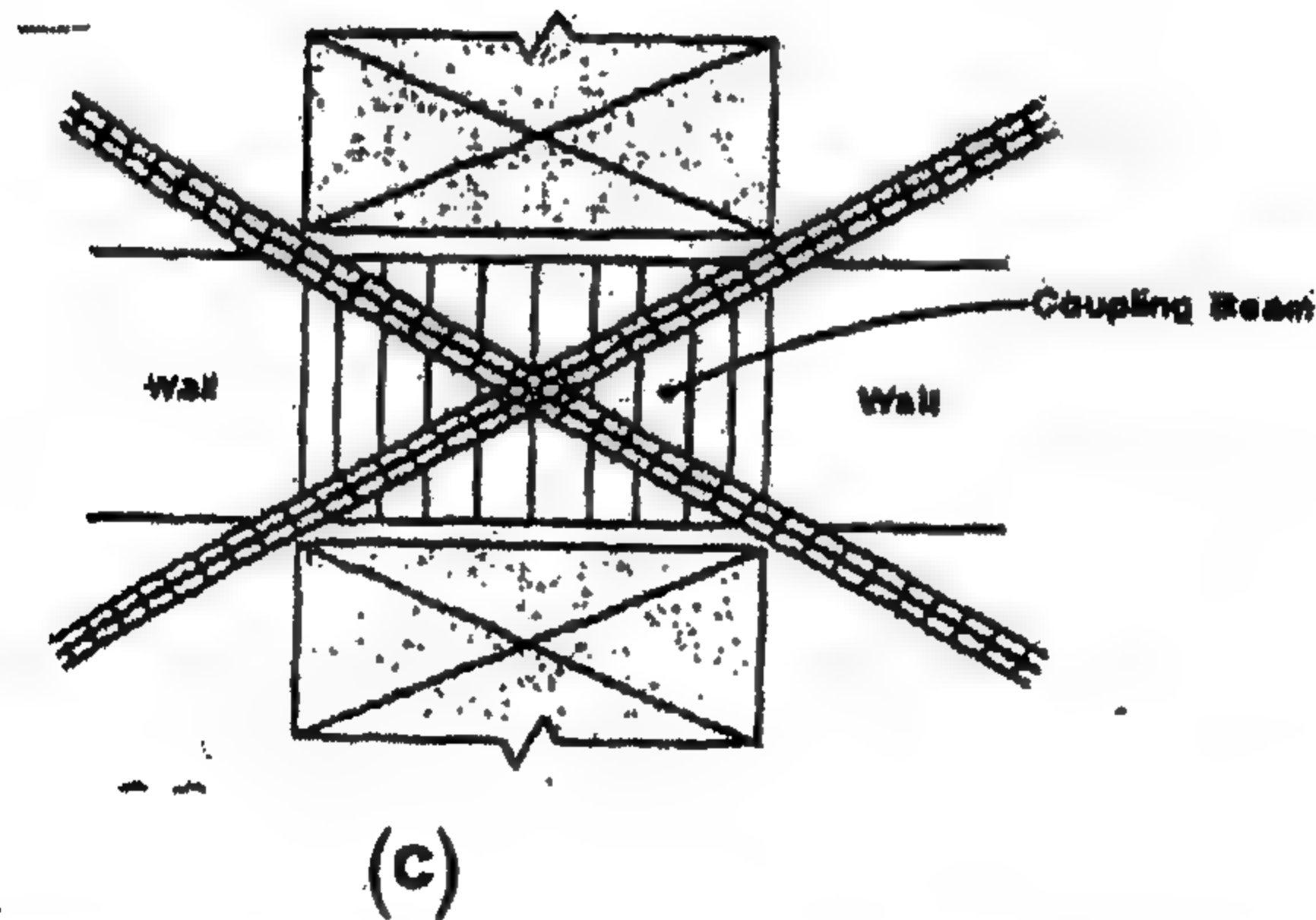


Fig. 2-15 Load-deflection relationship for wall subjected to load reversals



(a)

(b)



(c)

Fig.2.16 Laterally loaded coupled wall system a) Forces on walls at base. b) Typical distribution of shears in coupling beams over height of structure c) Diagonally reinforced coupling beam

البلاطات المسطحة

فى المناطق الزلزالية تتعرض المباني المكونة من بلاطات مسطحة و أعمدة لازاحات كبيرة لذلك من الضرورى تصميم وصلات البلاطات بالأعمدة بمقاومة و ممطولية كافية لتجنب انهيار القص ولتقليل احتمالية انهيار البلاطات نتيجة الاختراق عند حدوث الزلازل.

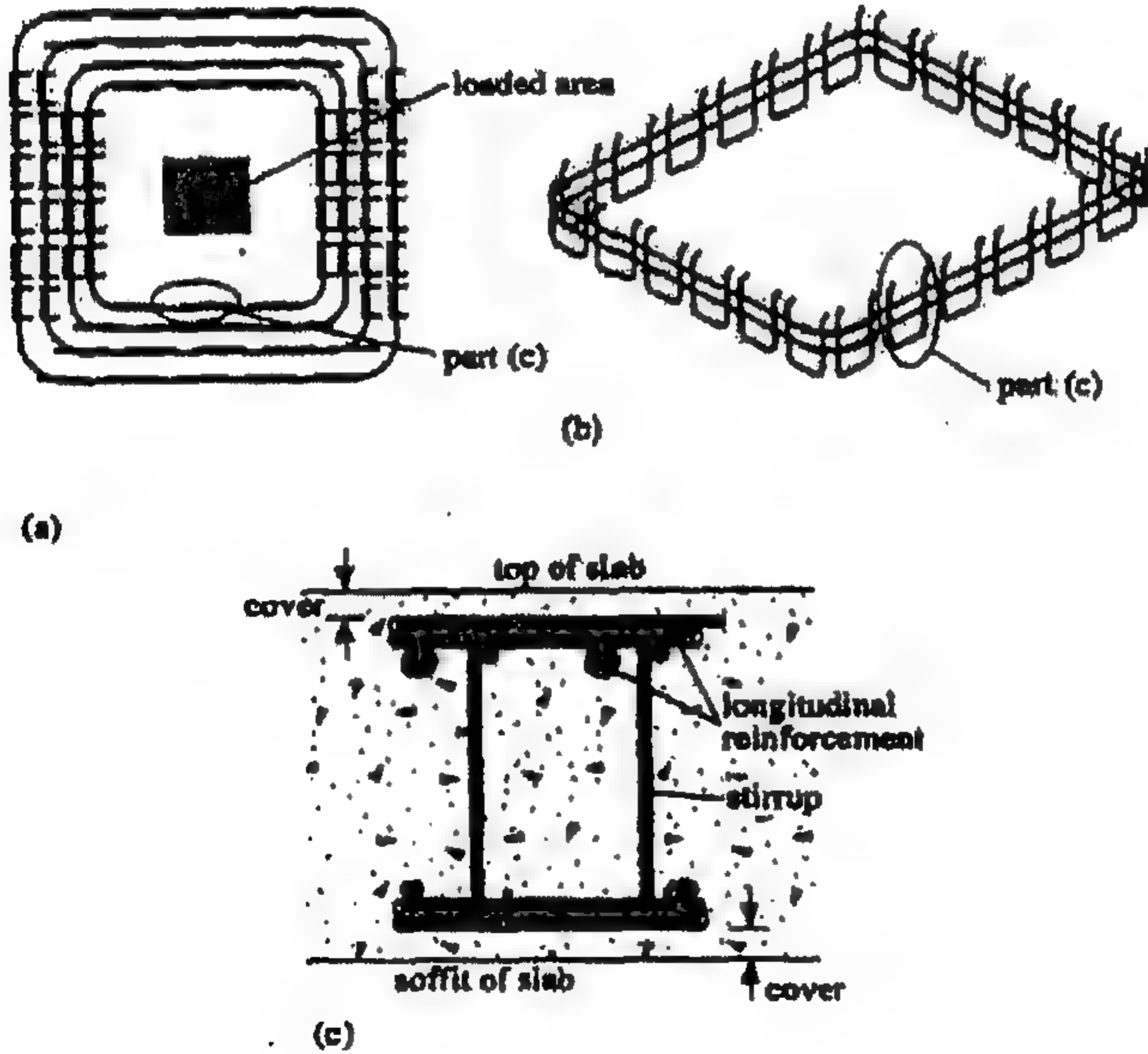


شكل (٢-١٧) شروخ البلاطات فى مبنى بلاطات مسطحة

كما يمكن زيادة مقاومة البلاطات للاختراق عن طريق وضع حديد لمقاومة قوى القص كما بشكل (٢-١٨) حيث أثبتت الأبحاث أن وصلات البلاطة و الأعمدة المعرضة لأحمال مترددة تزيد الممطولية لها زيادة ملحوظة باستخدام كانات و حديد حول الأعمدة و لكن مع السمك الصغير فيكون من الصعب استخدام الكانات و لكن يمكن استخدام

(shear studs) و ذلك بوضع حديد رأسى بتدعيم سفلى مثبت على الواح دائرية ملحومة ، شكل (٢-١٩) .

كما أوضحت الأبحاث أن وجود كانتات معرجة (شكل (٢-٢٠)) تعطى ممطولية أفضل و سعة إزاحية أعلى من الكانتات العادية و هو ممكن استعماله فى مصر بسهولة حيث يمكن استبداله بدلا من الكراسى التى تحفظ الحديد العلوى فى مكانة و يوضع حول الأعمدة و حول حوائط القص عند اتصالها مع البلاطة المسطحة. كما يراعى عند تصميم البلاطة لمقاومة الأحمال الجانبية للمباني ذات البلاطات المسطحة أن عرض البلاطة المقاوم لأحمال الزلازل هو (عرض العمود + ٣ مرات عمق البلاطات المسطحة) و مع زيادة عدد الأدوار يجب الاعتماد على حوائط القص لمقاومة الأحمال الأفقية.



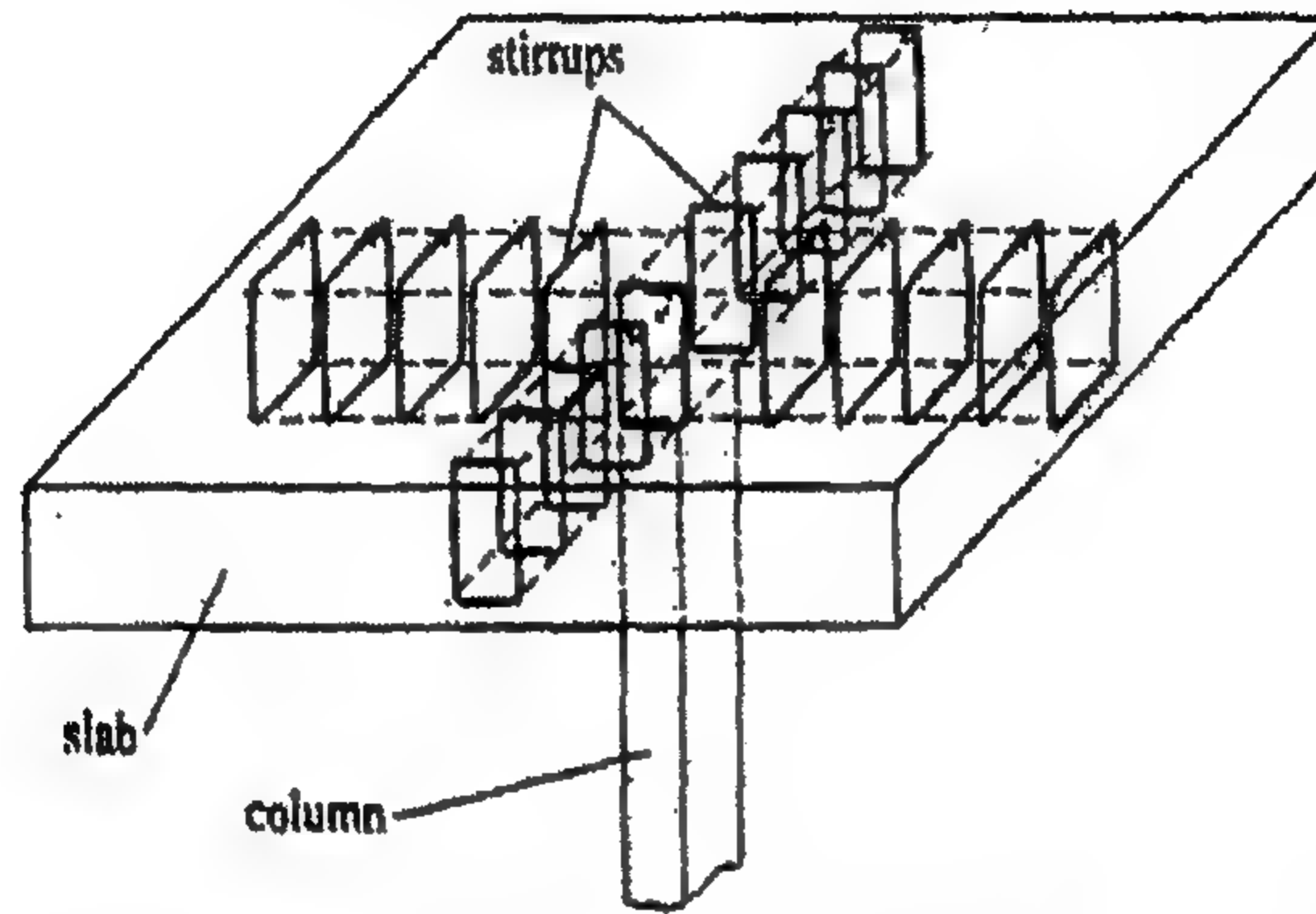


Fig. 2-18 Types of Shear reinforcement

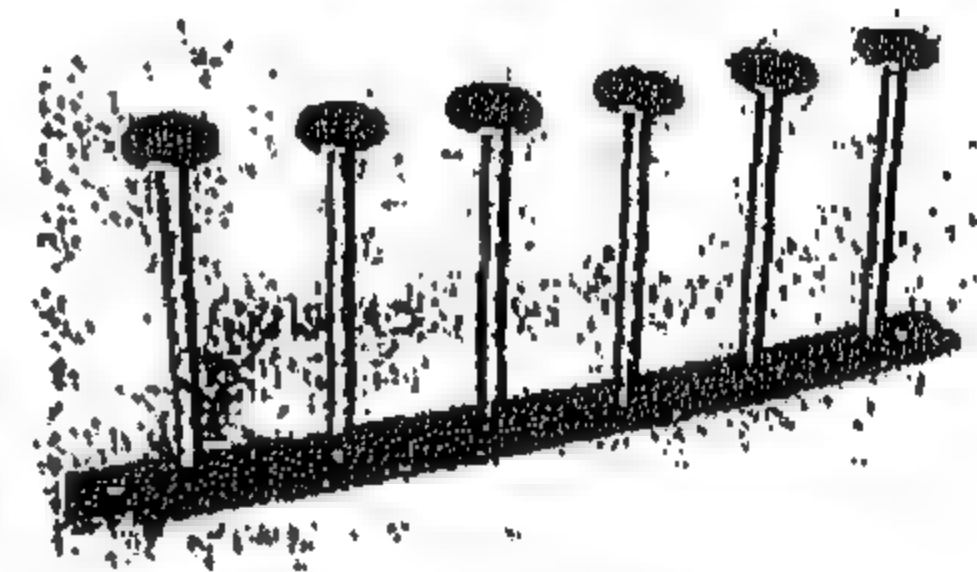
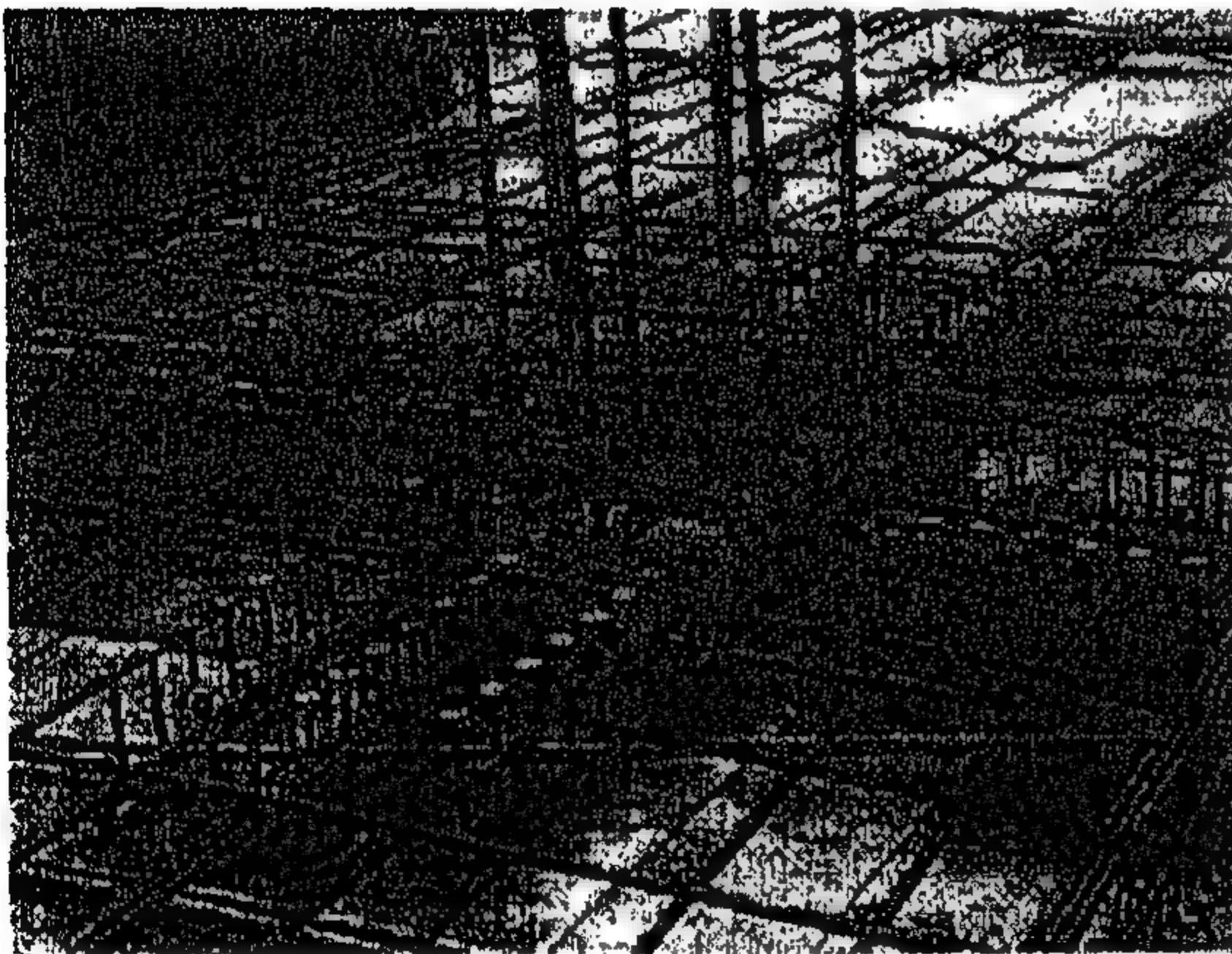


Fig. 2-19 Shear studs in place around a columns

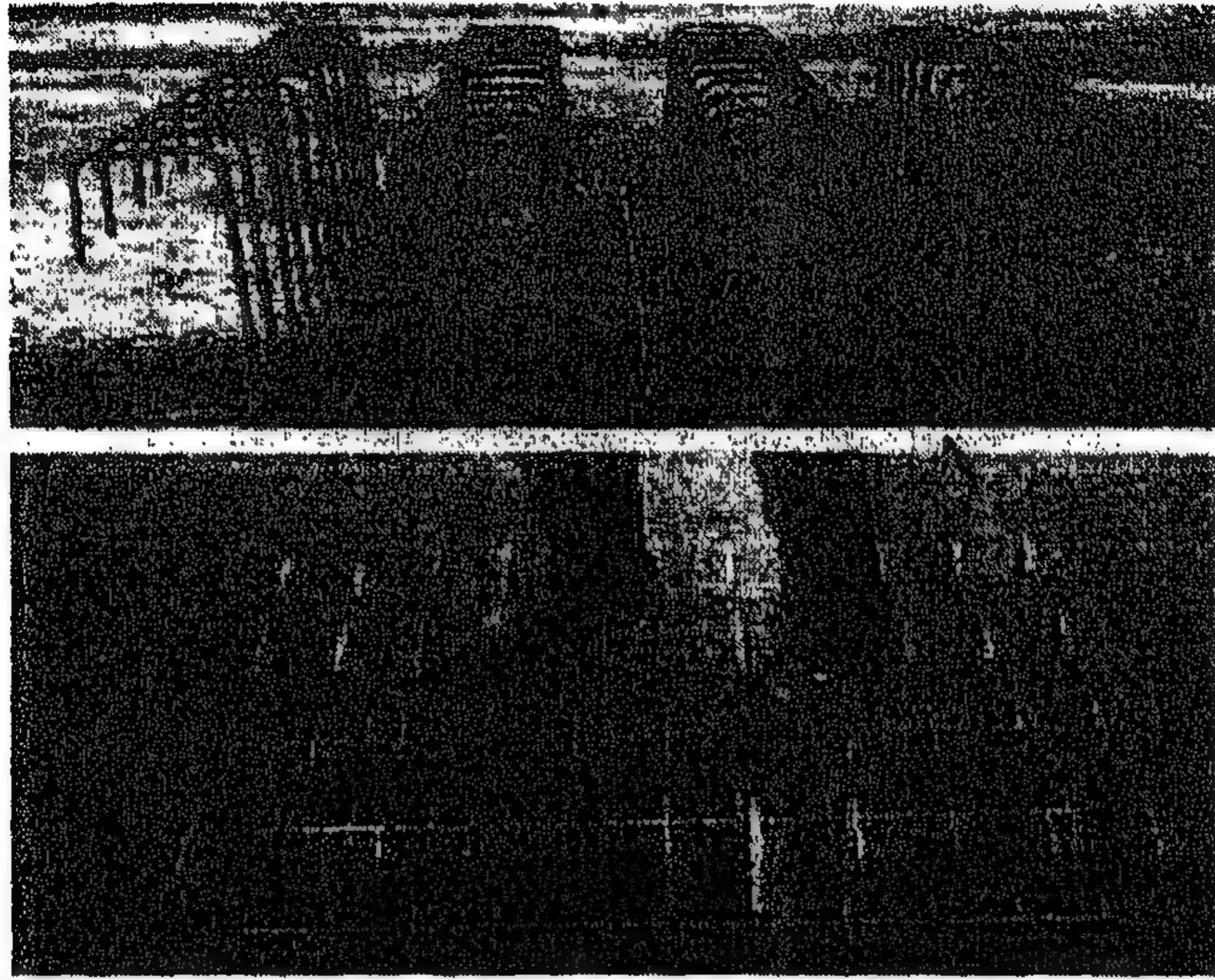


Fig. 2-20 Stable and easy-to-handle prefabricated stirrup unit.

حوائط الطوب المائلة للإطارات

في حالة المباني الطوب في المباني الهيكلية فإنها تعتبر كمادة مائلة و كعازل صوتي و كفواصل بين الغرف كهدف معماري و لكن نادراً ما تستخدم الحوائط لتحسين الكفاءة الإنشائية للمبنى وغير إنشائية و لكن نظراً لتحرك الاطارات أفقياً فإن المباني تقاوم هذه الحركة ويعتبر ظهور الشروخ في هذه المباني بعد الزلازل دليل على أن المباني تعرضت لقوى لم تتحملها فحدثت الشروخ. و من الخصائص المهمة للطوب في مقاومة الزلازل هي الإخماد و تصريف الطاقة من الحركة الأرضية عندما تتشرخ الطوب. و قد أثبتت الدراسات أنه كلما كانت قطاعات الأعمدة والكمرات صغيرة و المبنى منخفض الارتفاع فإن وجود الحوائط يحمي هذه المباني ضد الزلازل وخصوصاً في حالة ربط المباني جيداً مع الإطارات و

استخدام طوب مصمت ولكن مع ضعف حوائط الطوب و وجود فتحات بها وضعف ترابطها مع الإطارات فتقل مساهمتها في مقاومة الزلازل.

و كثيراً ما يتم بناء جدران طوب في الطوابق العليا وقد لا تبني مثل هذه الجدران في الدور الأرضي و هذا الوضع غير المقصود يزيد مقاومة وصلادة الطوابق العليا و تنشأ مشكلة بالطابق الأرضي حيث وجود حوائط بين أعمدة الدور الأرضي فإن جزء من القوى الزلزالية سوف يستنفذ في التأثير على الحوائط (و هي ليست من العناصر الانشائية) و بالتالي يقل التأثير على الأعمدة.



شكل (٢ - ٢١) انهيار أعمدة الدور الأرضي لضعف الحوائط المائلة لهذا الدور

٣-٢ تأثير الزلازل على التربة والاساسات

أثبتت الدراسات أن انهيار المنشآت اثناء الزلزال نتيجة للتربة يرجع إلى الهبوط و الهبوط متفاوت بدرجة كبيرة نتيجة إنفعالات قص غير مقبولة. كما وجد أنه فى حالة التربة الرملية المشبعة السائبة او متوسطة الدمك يمكن أن تؤدي الهزات الأرضية إلى تناقص مقاومة القص و زيادة فى تشكل هذه التربة لدرجة حدوث كوارث عليها و هو ما يسمى بظاهرة التميع.

و تحدث ظاهرة التميع فى التربة الرملية المشبعة السائبة المشبعة (التي قد تكون مختلطة بطمي) او متوسطة، و السبب فى ذلك يرجع إلى تضائل حجم التربة عند تعرضها للزلازل، و يحدث ذلك فى فترة زمنية قصيرة مما يؤدي إلى زيادة ضغط الماء الموجود بالفراغات البينية للتربة حتى يصبح مساويا للضغط الفعال الناتج من أوزان التربة و بالتالى تفقد التربة الرملية مقاومتها لاجهادات القص تماما و تتحول إلى معلق لا يمكنه تحمل أى حمل. كما تلاحظ أن زيادة الضغط الابتدائي المحيط المؤثر يقلل من التسييل و لكن الرمل الناعم و السائب و غير جيد التدرج لها فرصة أكبر للتسييل، كما تزداد فرصة التسييل كلما قرب المصدر من الزلزال و يزداد بشدة الزلزال و يزداد حدوث التسييل كلما كان عمق المياه الجوفية قريب من الأرض و تزداد ايضا كلما زاد سمك الطبقة القابلة للتسييل و مساحتها و تزداد فى حالة التكوينات الحديثة. كما أن تربة الأساس الضعيفة (مثل تربة الردم) فتكون عرضة لتشوهات لدنة.

و قد يسبب ذلك ميل أو انقلاب المباني إذا تجاوز عزم الانقلاب عزم المقاومة، كما حدث فى منطقة نيجاتا فى اليابان أثر تعرضها لزلزال سنة ١٩٦٤. وكانت المباني جيدة البناء ولم تتحطم ولكنها مالت على جنبها بسبب سيلان وتشوه التربة تحتها شكل (٢) و كذلك شكل (٢-٢٢) يوضح ميل مبنى بسبب تسييل التربة.



شكل (٢ - ٢٢) ميل مبنى نتيجة تسيل التربة بتايوان

كما تلاحظ تأثير التربة في مقاومة المباني للزلازل حيث تميل ترسبات التربة إلى العمل " كمنقيات " للموجات الزلزالية وذلك بإضعاف حركتها عند ترددات محددة وتضخيمها عند ترددات أخرى و من الأمثلة الشهيرة على ذلك الدمار الشديد الذي لحق بالمنشآت المرتفعة في مدينة المكسيك (أثناء زلزال سبتمبر ١٩٨٥) و التي يتراوح عدد طوابقها بين ١٥ - ٢٥ طابق و ذلك نتيجة للتوافق بين التردد الطبيعي لهذه المنشآت مع ترددات الموجات الزلزالية السائدة مع التردد الطبيعي للتربة في موقع المدينة.

٢-٣-١ تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات

الأساسات الضحلة

القواعد المنفصلة

بخصوص الأساسات فإن الحركة الاهتزازية الناتجة من الزلازل تسبب إزاحة أفقية نسبية بين القواعد مما يؤدي إلى زيادة الاجهادات في قطاعات الأعمدة الأرضية أسفل البلاطة الأولى للمبنى مباشرة. و تنشأ الإزاحة الأفقية بين القواعد المنفصلة نتيجة انزلاقها و ذلك لعدم كفاية مقاومة الاحتكاك للقواعد المرتكزة على تربة رملية أو نتيجة للتشققات التي قد تحدث بين القواعد في التربة الطينية المتماسكة، و يقلل من تأثيرها وجود عناصر ربط أفقية قادرة على أن تتحمل قوة محورية تصميمية في الضغط و الشد لا تقل عن ١٠% من الحمل الرأسى الأكبر من الأحمال المؤثرة على أى من القاعدتين التي يربطهما العنصر الرابط. و يوصى أن تكون تلك العناصر فى منسوب القواعد على أن يمتد حديد تسليحها الى نهاية الأعمدة و تجنب عمل رقاب أعمدة .

الأساسات الشريطية

يمكن أن تتعرض الى إزاحة أفقية نسبية و ينتج عنها زيادة فى الإجهادات على الأعمدة و لذلك تربط الأساسات الشريطية المتوازية بعناصر ربط عرضية بين الأعمدة و تصمم لتتحمل قوة محورية فى الضغط و الشد لا تقل عن ١٠% من الحمل الأكبر من الحمل الواقع على أى من العمودين. و اذا كانت الأساسات الشريطية فى الإتجاهين فان الأشرطة تعمل كعناصر ربط للأشرطة فى الإتجاه الآخر.

الأساسات اللبشة

لا يظهر تأثير الزلازل المذكورة في البندين السابقين على الأساسات من نوع اللبشة المسلحة و يكون التأثير الرئيسى على المباني ذات الأساسات الضحلة من هذا النوع غير المزود ببدروم عميق هو الانقلاب و الرفع الناتج من قوى عزم القصور الذاتى العرضية. و يوصى فى هذه الحالة أن يكون الوزن الذاتى للمنشأ كافيا للإتزان المطلوب ضد الانقلاب و الرفع و قد يلزم الأمر زيادة وزن الأساسات أو اضافة ردم فوق الأساسات لتحقيق درجة الإتزان المطلوبة.

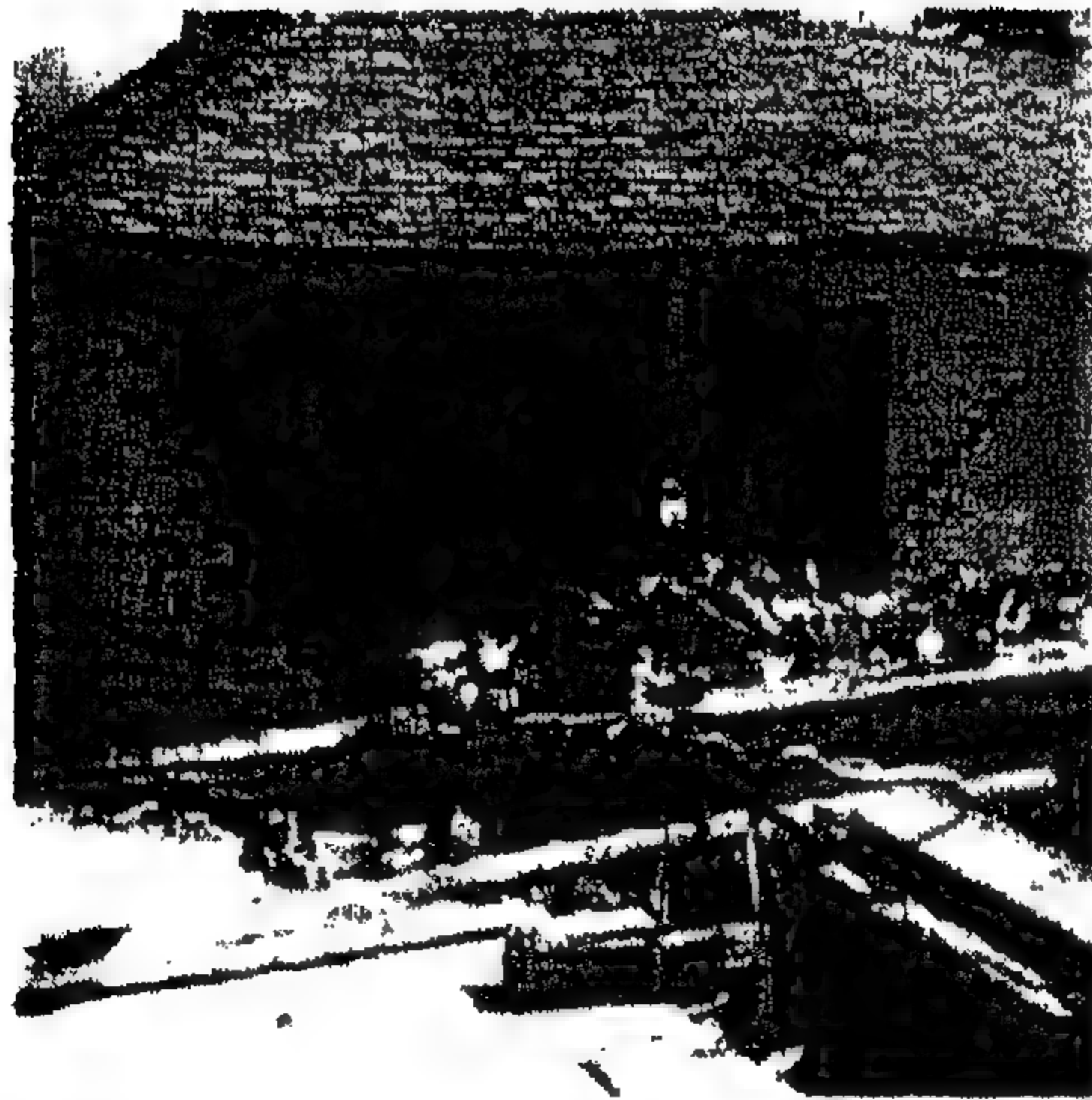
الأساسات العميقة

عند استخدام الأساسات العميقة من نوع الخوازيق فالة لا يظهر تأثير الزلازل من حيث الانقلاب أو الرفع الناتجين من قوى عزم القصور الذاتى العرضية. و لكن يجب فى هذه الحالة مراعاة تصميم الخوازيق لتحمل قوى القص الناشئة من الأحمال التصميمية للزلازل. و تعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب تربيطها مع بعضها بعناصر انشائية رابطة.

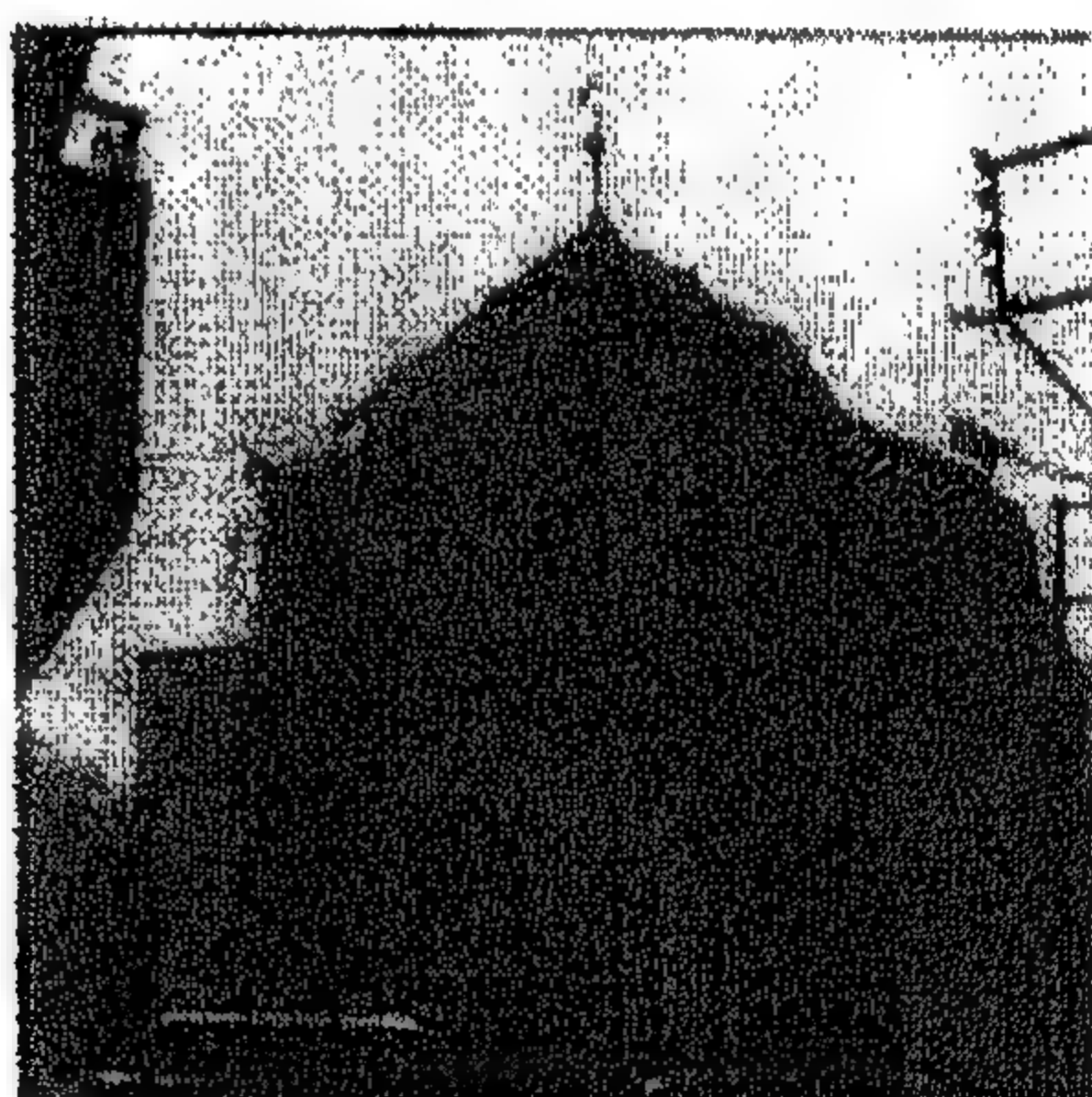
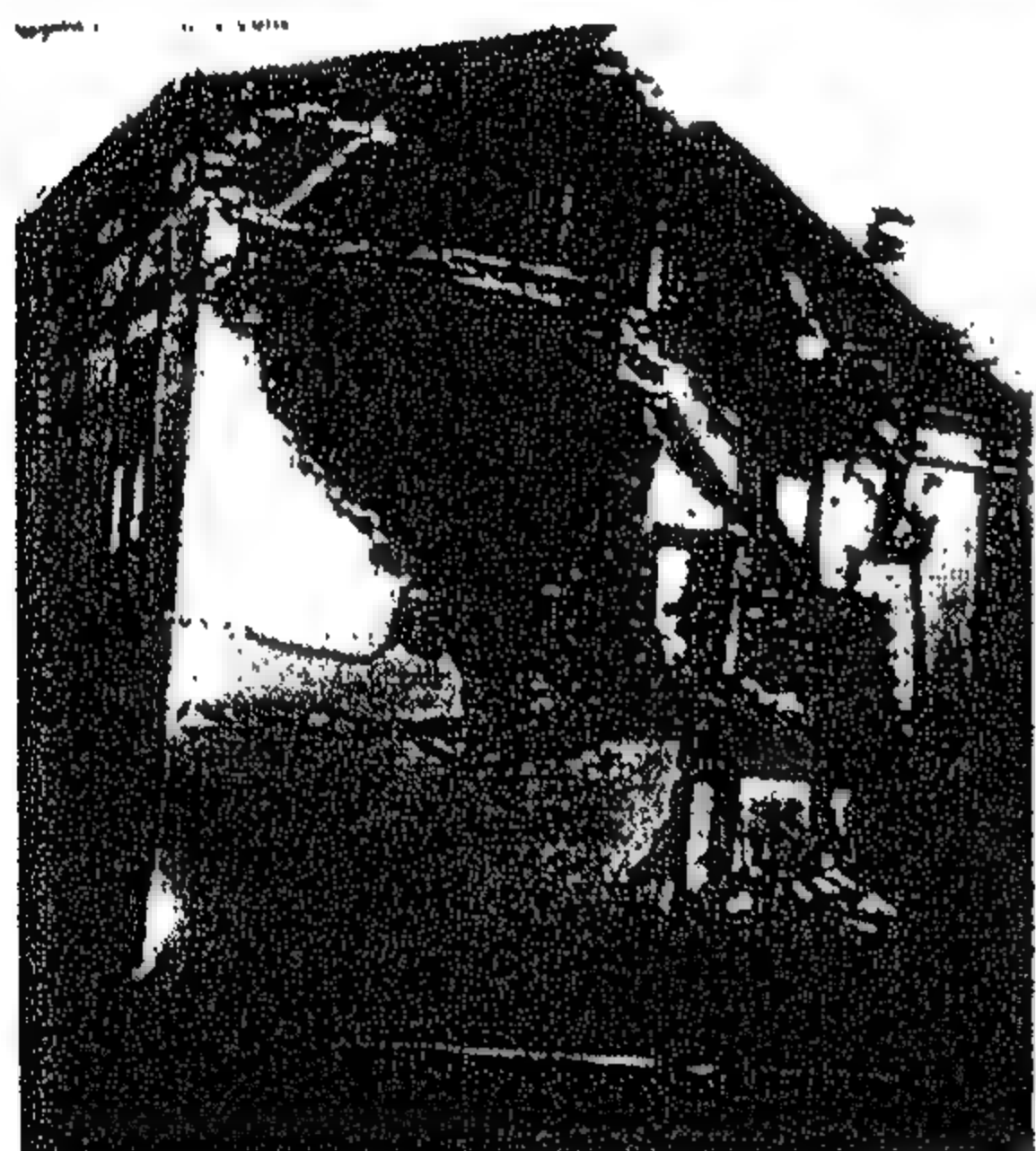
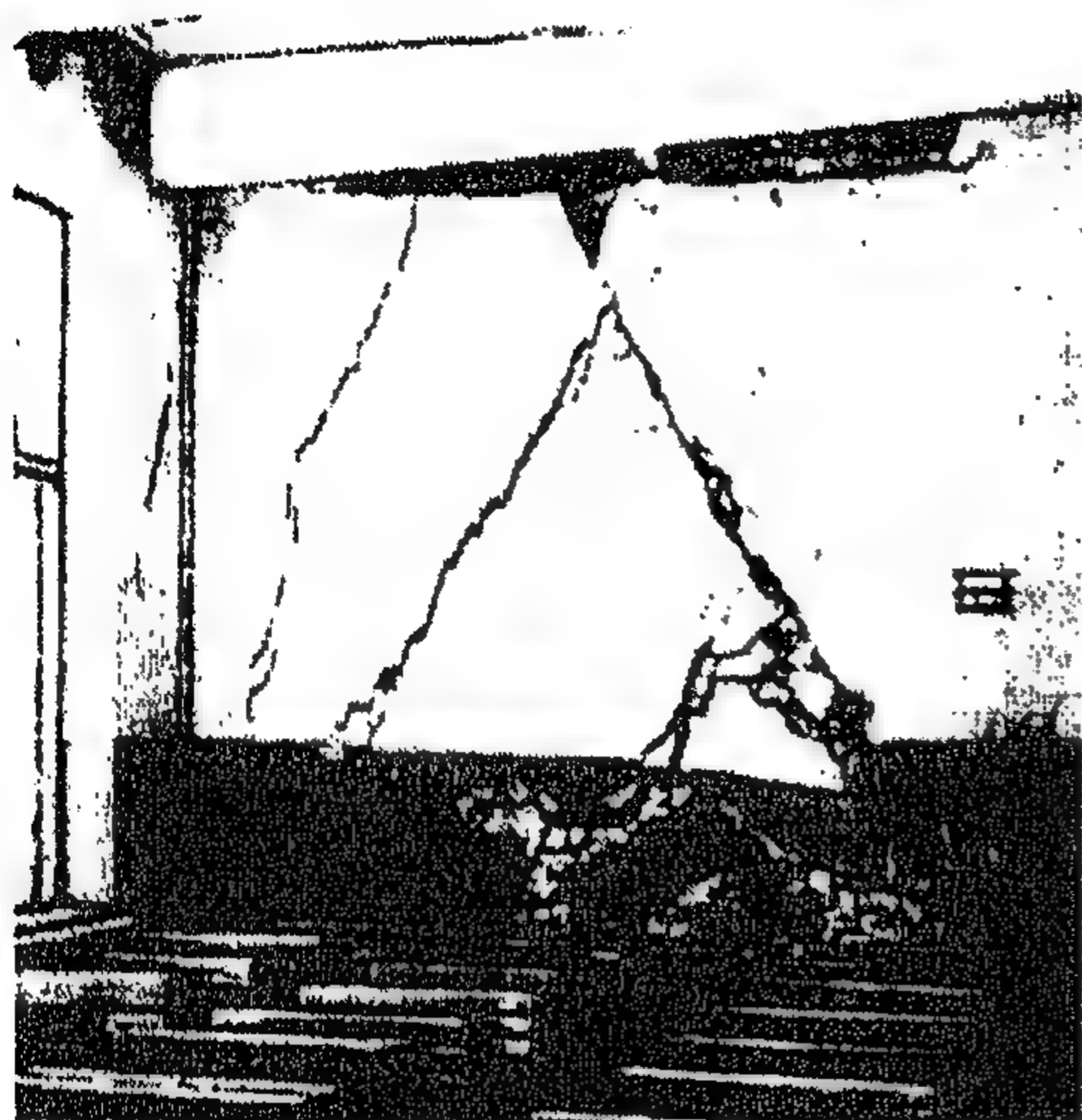
٤-٢ تأثير الزلازل على المباني المقامة بنظام الحوائط الحاملة

تشكل المباني المقامة بنظام الحوائط الحاملة جزء من المنشآت الموجودة فى مصر وحيث أن الطوب مادة قصفة ولا تتمتع بمطولية كافية بالإضافة الى أن الحوائط تعتبر وسط غير متجانس من الطوب و. المونة به مستويات ضعف عند الارتباط بالمونة ولذلك لا يوصى بهذه النوعية فى الأماكن ذات الشدة الزلزالية العالية. و نتيجة للزلازل تتشرخ الحوائط فى مستوى الحائط و لكن تبقى المشكلة الأكبر فى حالة انهيارها خارج المستوى، شكل (٢-٢٣)، مما يسبب سقوط الأسقف و هو يحدث فى حالة الأسقف الخشب و الغير متماسكة مع الحوائط. كما يوضح شكل

(٢٤-٢) أشكال الشروخ و الإنهيارات للمباني بنظام الحوائط الحاملة نتيجة الزلازل .



شكل (٢٣-٢) (أ) شروخ في مستوى الحوائط ب) انهيار الحوائط خارج المستوى



شكل (٢- ٢٤) انهيار بعض المباني الحاملة نتيجة الزلازل



الفصل الثالث



قابلية التهدم الزلزالي للمباني

قابلية التهدم للمبنى (Seismic Vulnerability) نتيجة الزلازل هي قصور في المبنى تمنعه من التصرف الأمثل تجاه الزلازل . و تعتبر الخطورة الزلزالية للمبنى دالة في خطورة الزلازل المحتمل و قابلية التهدم حيث إن الخطورة الزلزالية للمباني (seismic risk) = خطورة الزلازل (seismic hazard) × قابلية التهدم (Vulnerability) .

و بالرغم أن جمهورية مصر العربية ليست من المناطق ذات الشدة الزلزالية العالية ولكن وجود نسبة من المنشآت المنفذة بدون احتياطات الزلازل تسبب خطورة زلزالية عالية . أما المباني التي تم تصميمها و تنفيذها بشكل جيد تقاوم قوى الزلازل بدون أن يحصل لها تدهور كبير و لكن التنفيذ السيئ وعدم مراقبة الجودة قد يؤدي إلى تدهور كبير أو انهيار المباني نتيجة الزلازل.

١-٣ أهم مصادر قصور المباني تجاه الزلازل

- ١- عدم وجود مسار لأحمال الزلازل من كل كتلة إلى التربة .
- ٢- قلة المقاومة للعناصر المقاومة للقوى العرضية و هي منتشرة في المباني القديمة و من أهمها الدور الضعيف و ينتج من ضعف أعمدة الدور بالنسبة إلى باقي الأدوار .

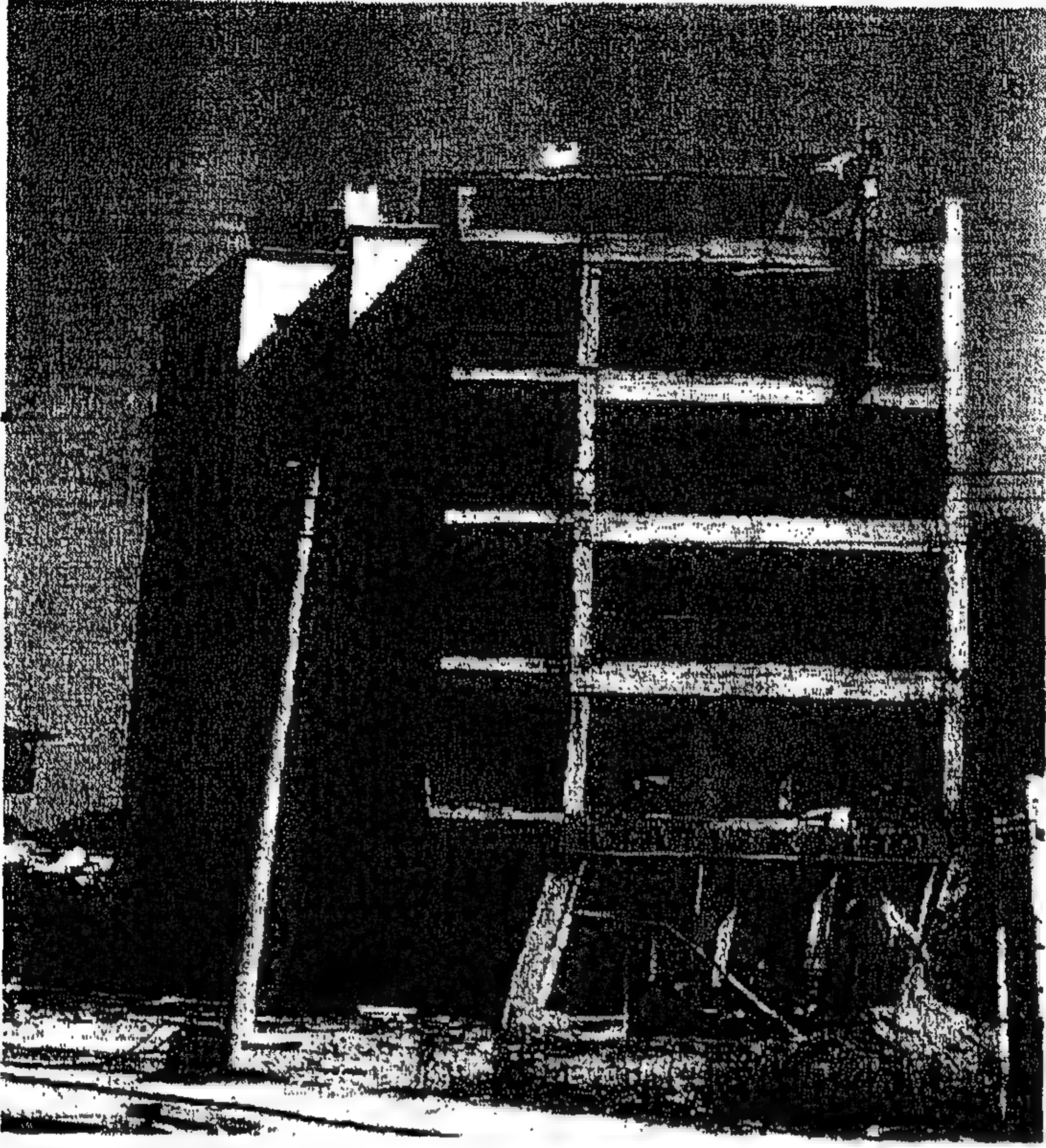


Figure 3-1 Formation of a soft and weak story

٣- قلة الجساءة العرضية للعناصر المقاومة للقوى العرضية مثل المباني المعتمدة على حوائط قص محدودة لمقاومة الزلازل حيث تسبب ازاحات عالية في المستويات العالية على عكس المباني المعتمدة على الإطارات فتكون الازاحات الحرجة في المناسيب السفلية .

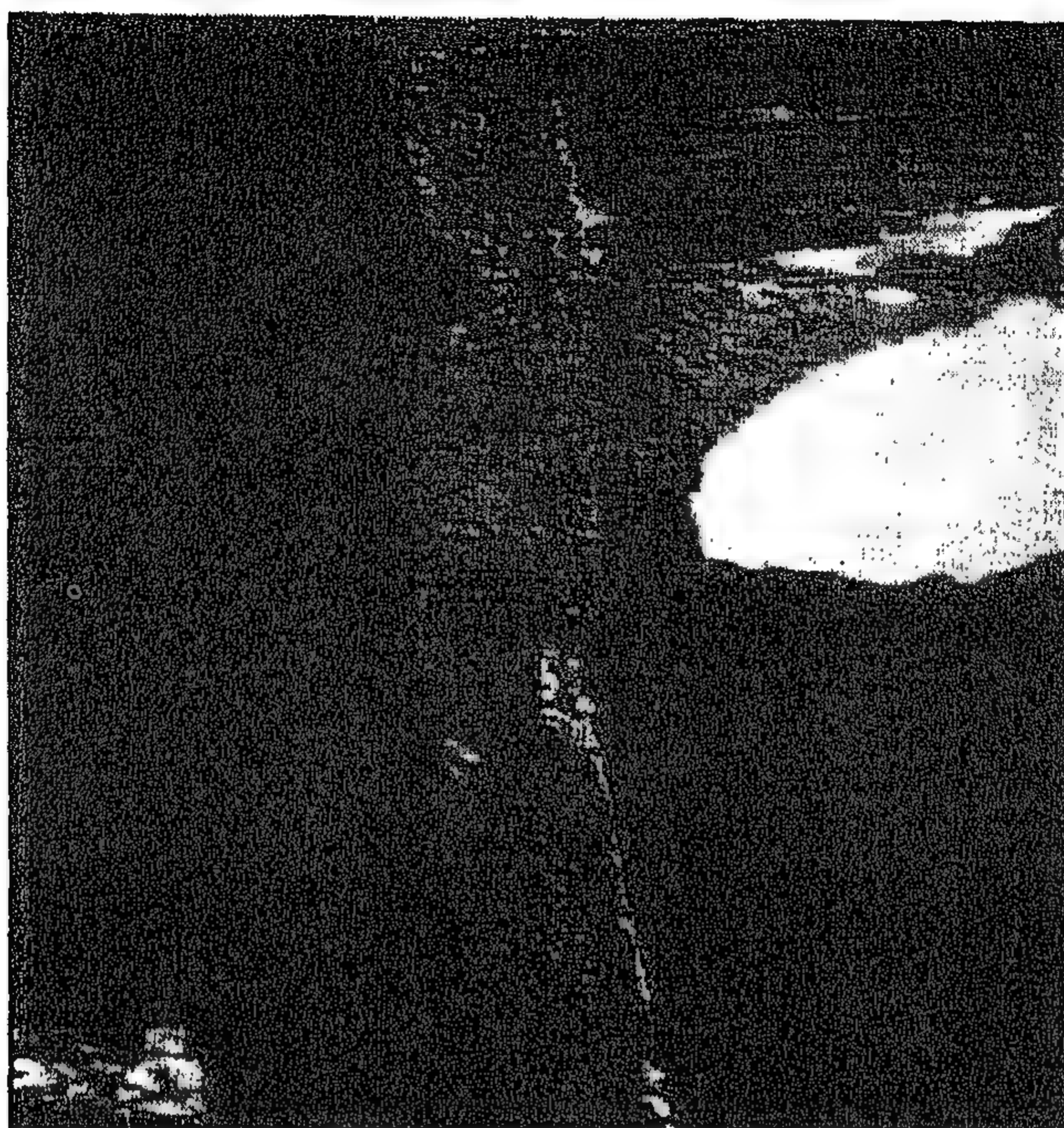
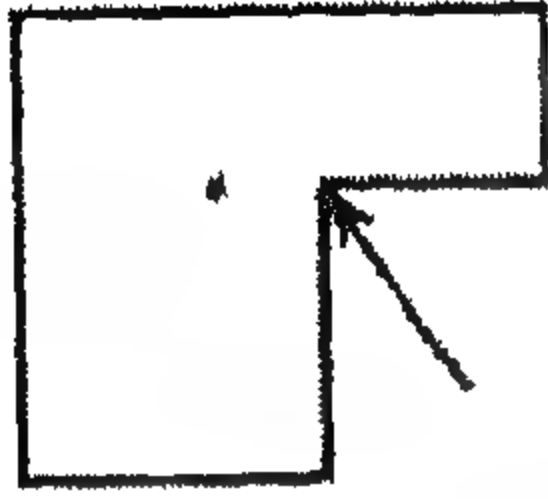


Figure 3-2 Concentrated damage at ends of moment-frame columns due to excessive drift

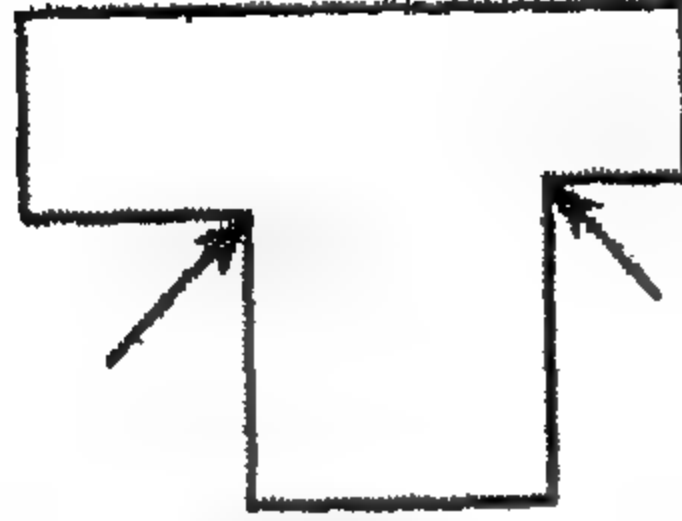
٤- القصور في الشكل العام يقصد به عدم الانتظام الأفقي و الرأسى حيث ينشأ عدم الانتظام الأفقي من عدم تماثل المسقط الأفقي مثل أن يكون المبنى على شكل حرف T, U, H و بالتالي نتيجة حركة الأرض تتكون ازاحات أفقية مختلفة للمبنى لاختلاف جساءات أجزاء المبنى بالإضافة إلى الالتواء الناتج من اختلاف مركز الجساءة عن مركز الكتلة مما يلزم فصل الأجزاء عن بعضها البعض حتى لا تحدث شروخ ، و فى حالة فصل الأجزاء يجب تصميم و تنفيذ الفاصل بينهم بحيث يكون الفاصل هو مجموع الازاحات لهم و فى حالة عدم إمكانية ذلك يتم ربط الأجزاء بعناصر متينة و تصمم العناصر لمقاومة الالتواء.

الفصل الثالث : قابلية التهدم الزلزالي للمباني

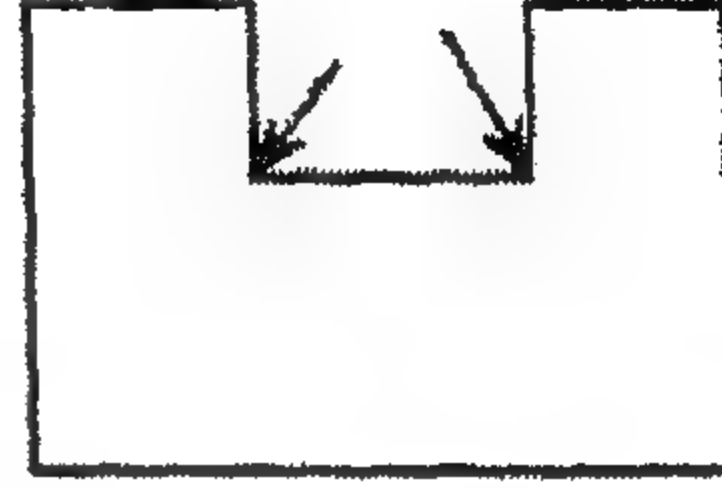
و من المظاهر التي تسبب عدم الانتظام الأفقي تركيز حوائط القص في جانب واحد من المبنى مما يجعل مركز الجساءة بعيدا عن مركز الكتلة مما يسبب عزوم لسي اهتزازية قد لا تكون أخذت بعين الاعتبار في التصميم .



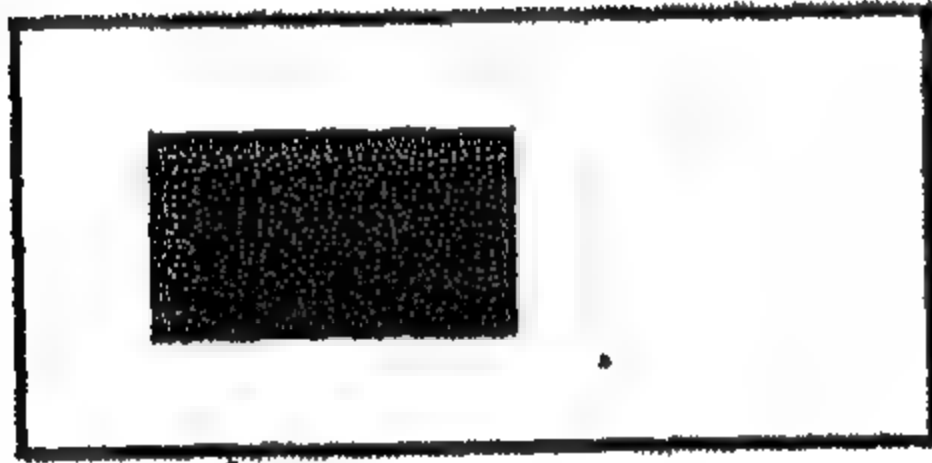
L-Shaped



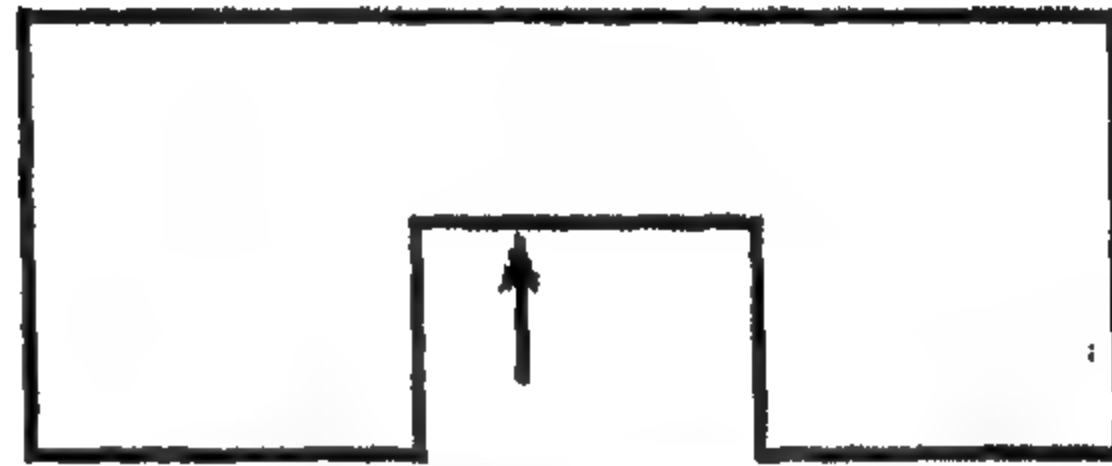
T-Shaped



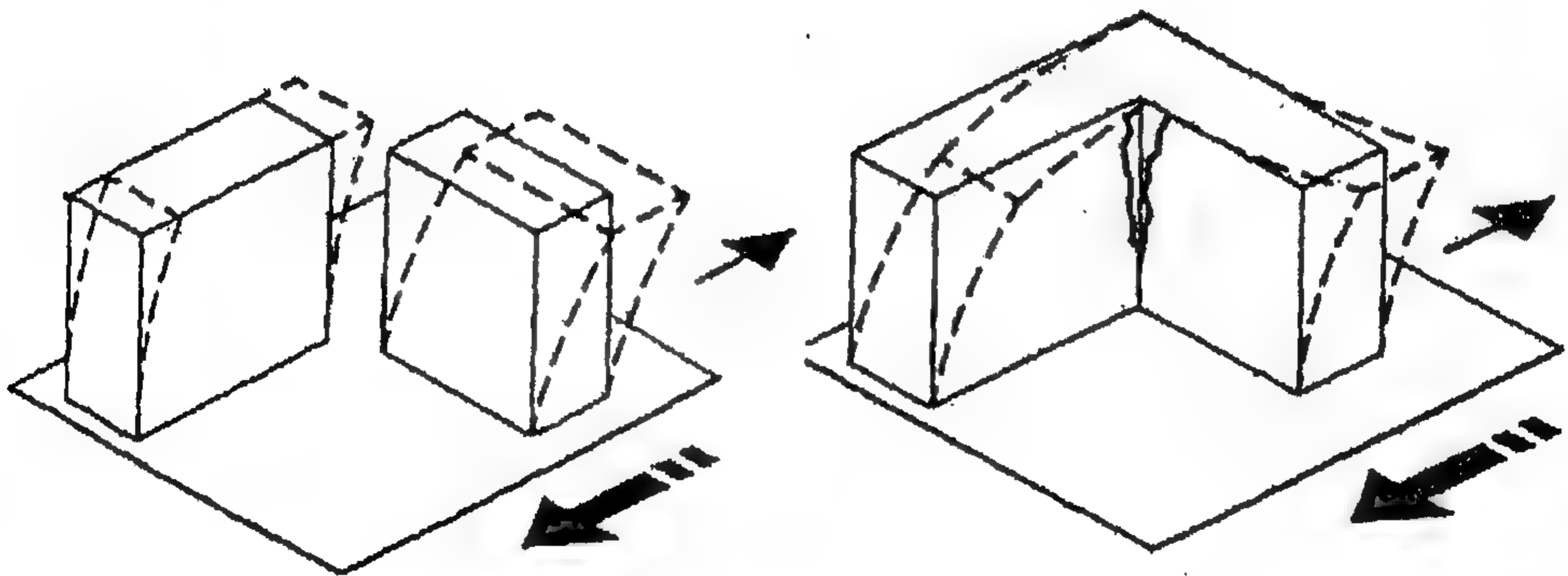
U-Shaped

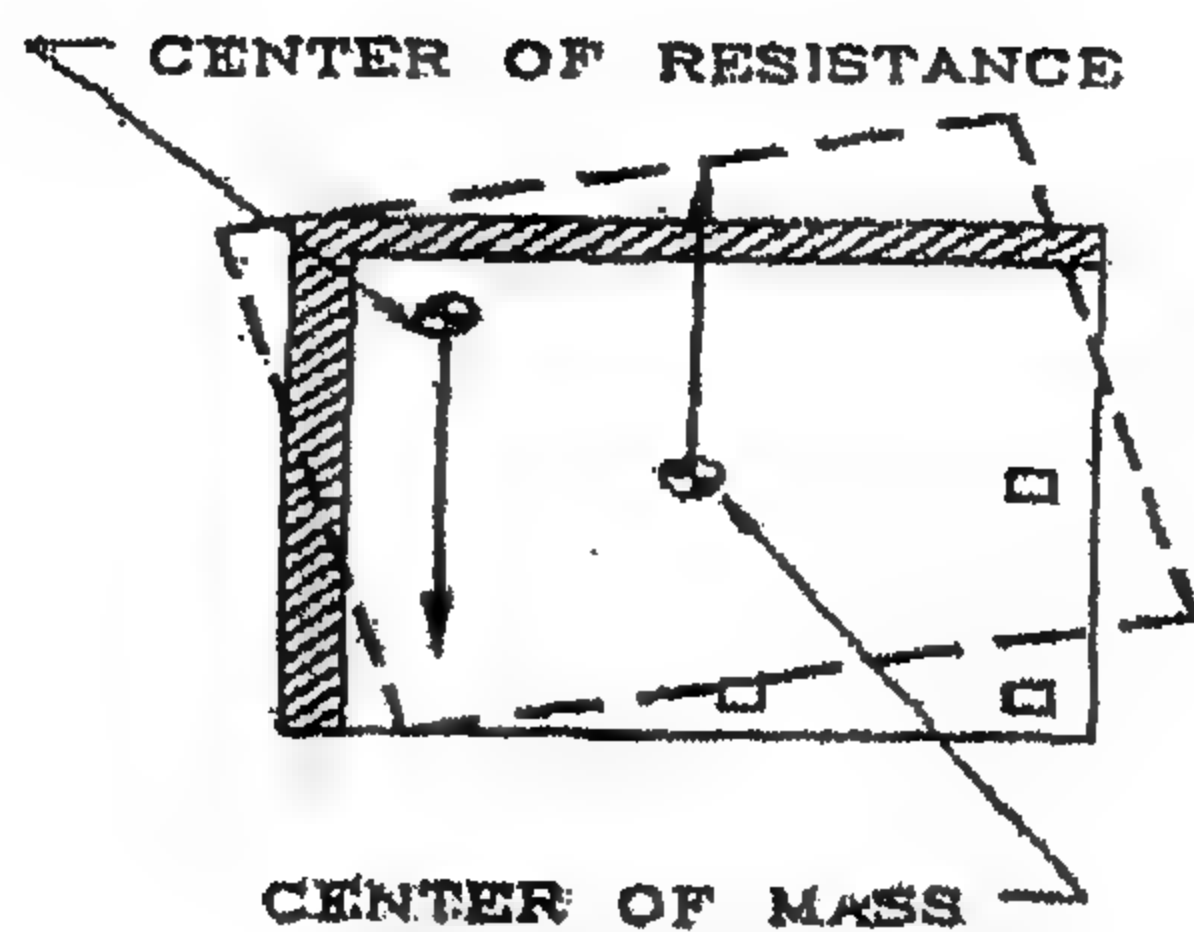


Large Opening

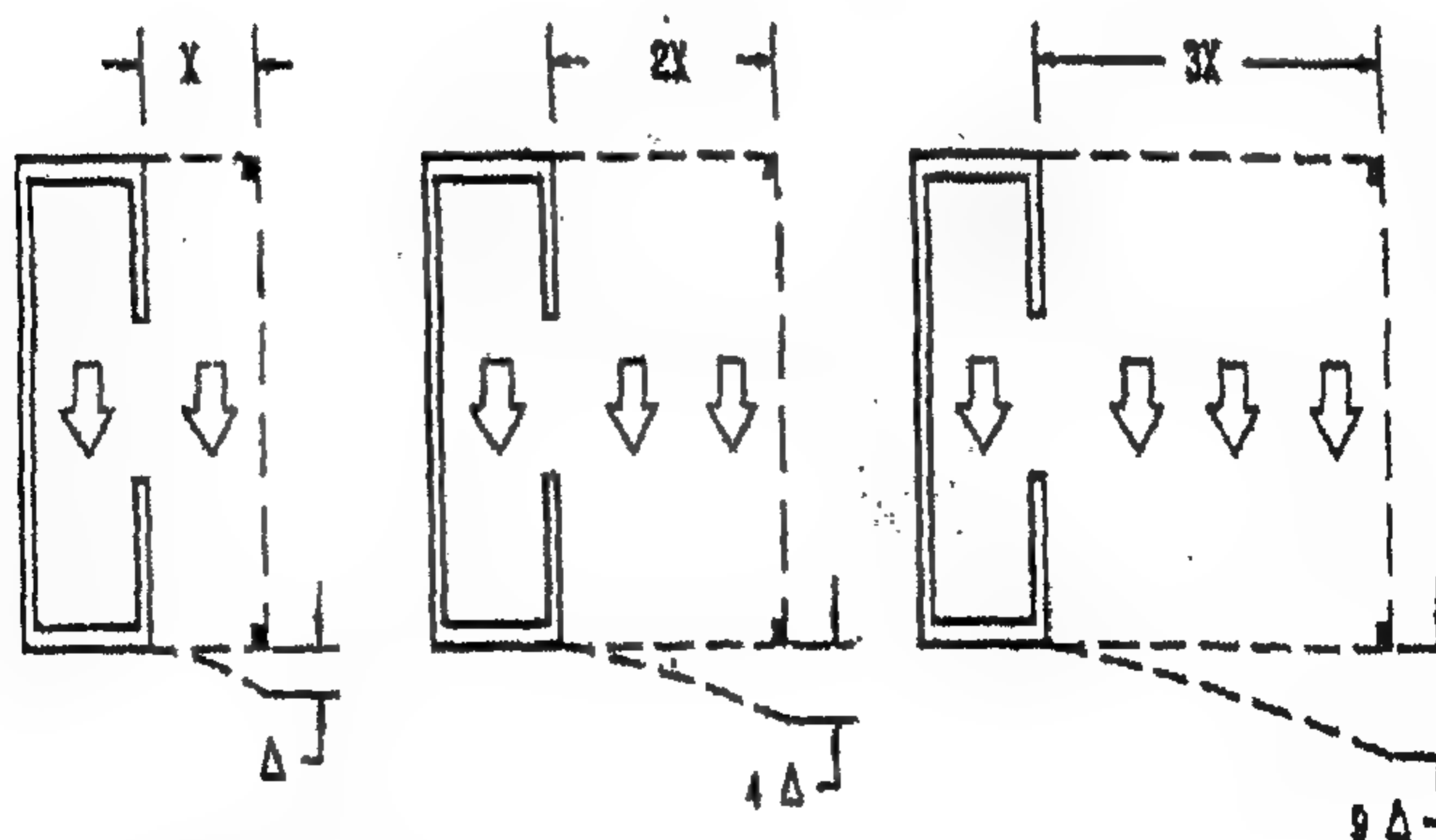
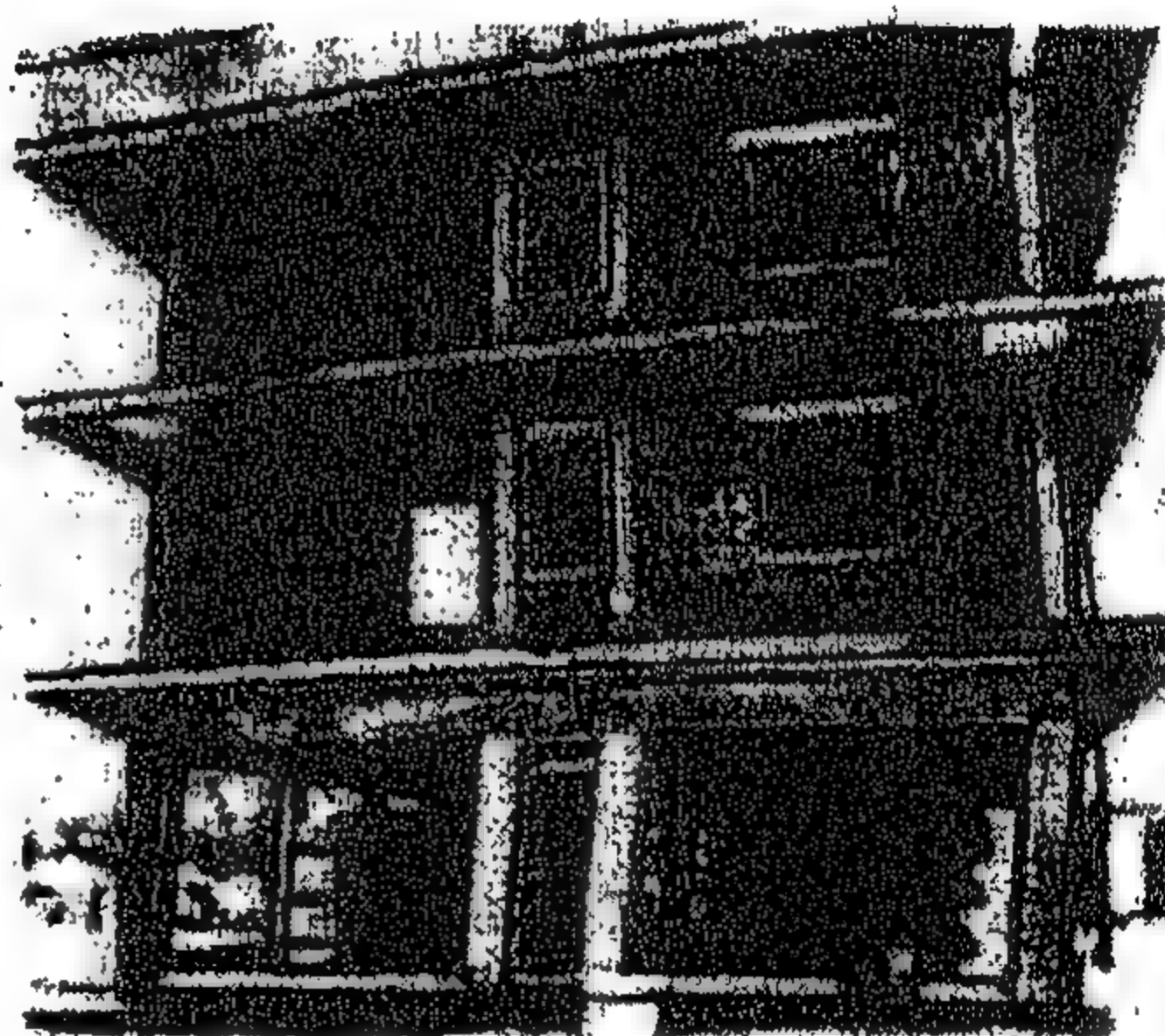
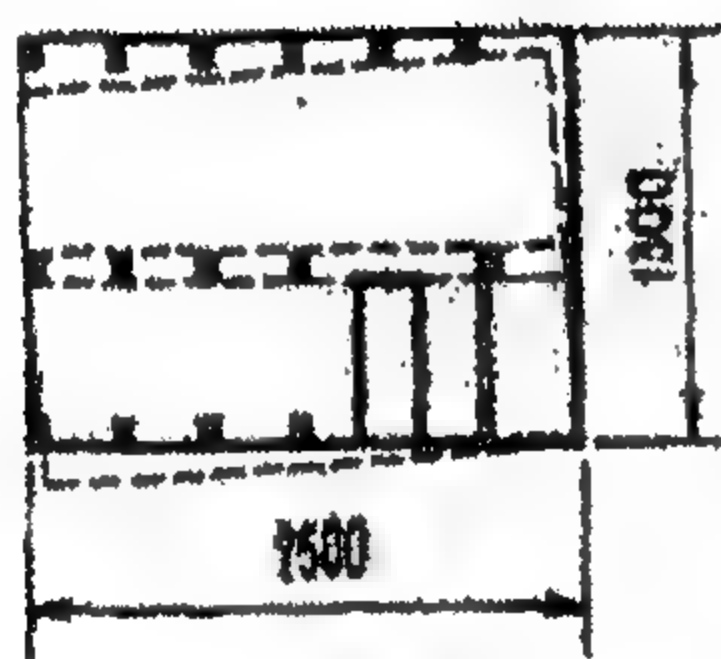


Weak Link Between Larger Building Plan Areas





(b)

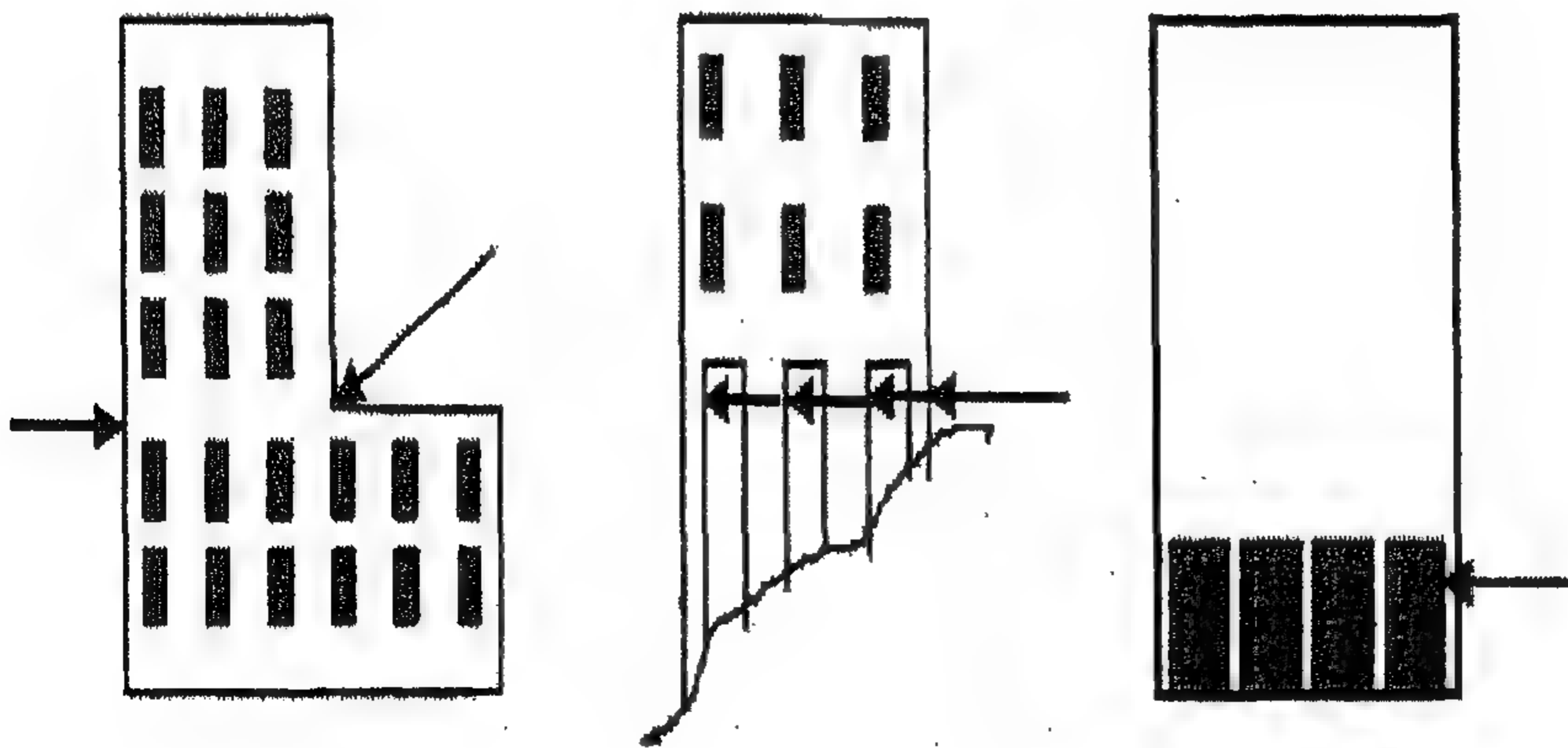


شكل (٣-٣) اشكال عدم الانتظام الافقى

الفصل الثالث : قابلية التهدم الزلزالي للمباني

أما عدم الانتظام الرأسي فينتج من عدم توزيع الكتل و الجساعات على المستوى الرأسي بشكل منتظم مما يسبب تركيز للقوى و الازاحات عند مستويات محددة تسبب انهيارها. و كذلك اقامة المباني ذات الطابق الطرى (Soft story) أى يكون فيها هذا الطابق أقل فى جسائته العرضية (لزيادة ارتفاعه) عن باقى الأدوار مما تكون الطوابق الطرية مهددة بالضرر أكثر من غيرها.

كما تحدث كثير من التصدعات بسبب عدم الانتظام فى تصميم المباني و ذلك بسبب تغير الصلادة Stiffness المفاجئ بين الطوابق المتكررة مثل عدم الاستمرار فى حوائط القص للأساسات مما تسبب تصدعات كبيرة فى المبنى. و بعكس ظاهرة الطابق الطرى (الذى ينشأ من ارتفاع الطول و قلة الجساعة العرضية) فتنشأ مشكلة العمود القصير و يتكون عند قلة ارتفاع العمود عن مثيله فى نفس مستوى الدور و بالتالى تتركز بغير قصد الطاقة الزلزالية له لزيادة جسائته و هو غير مصمم لها مما يتسبب فى انهياره فى بعض الأحيان.



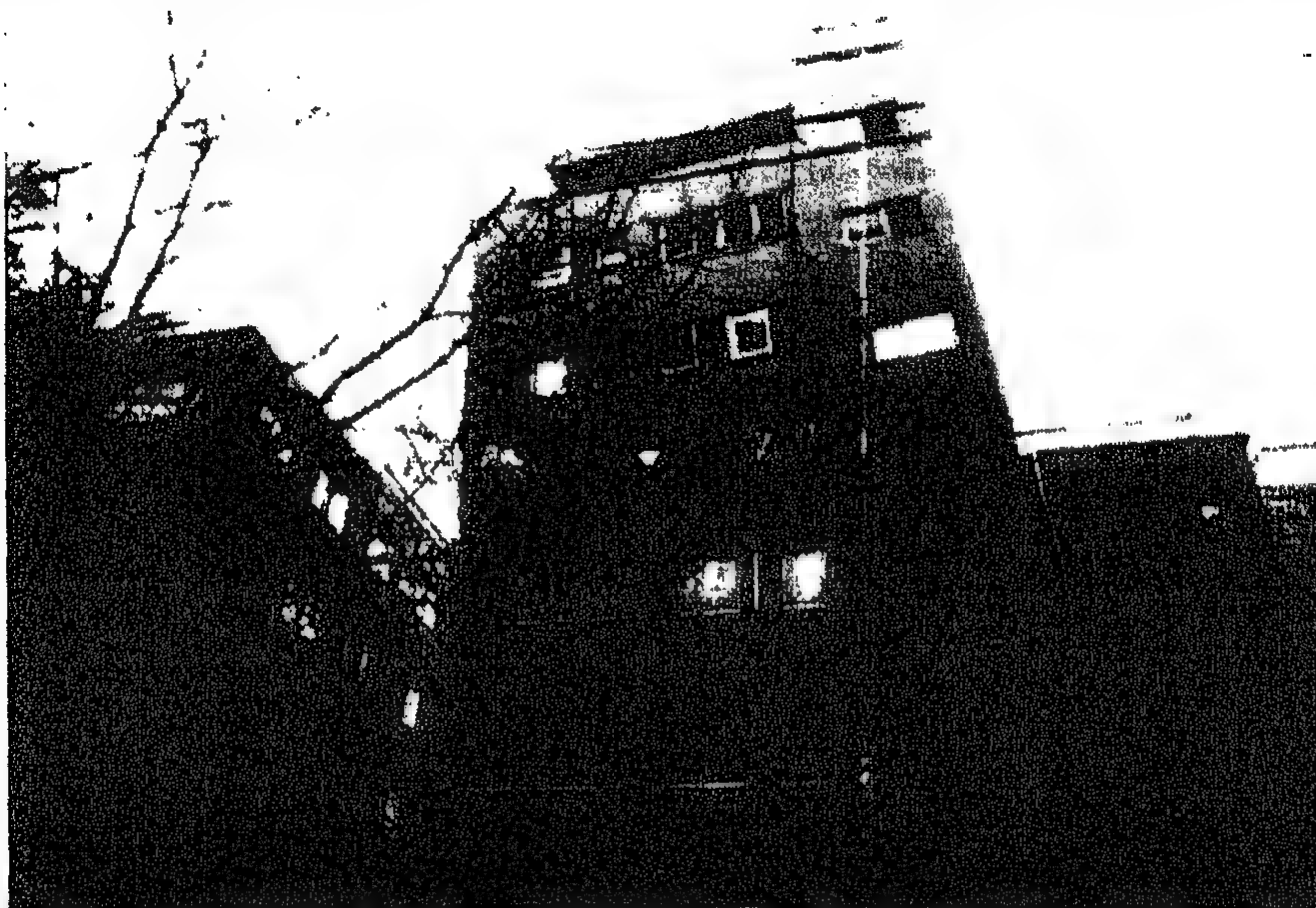
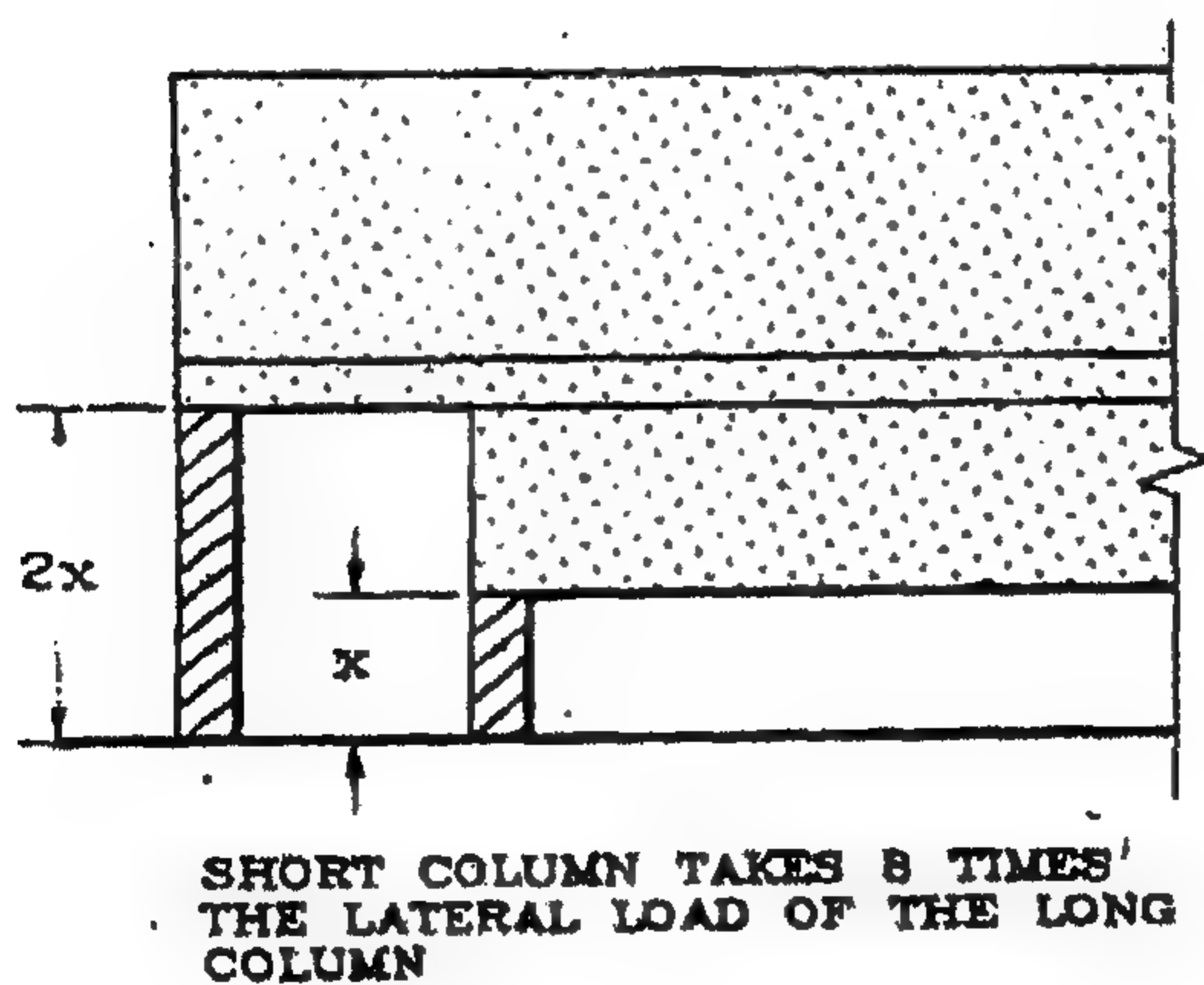
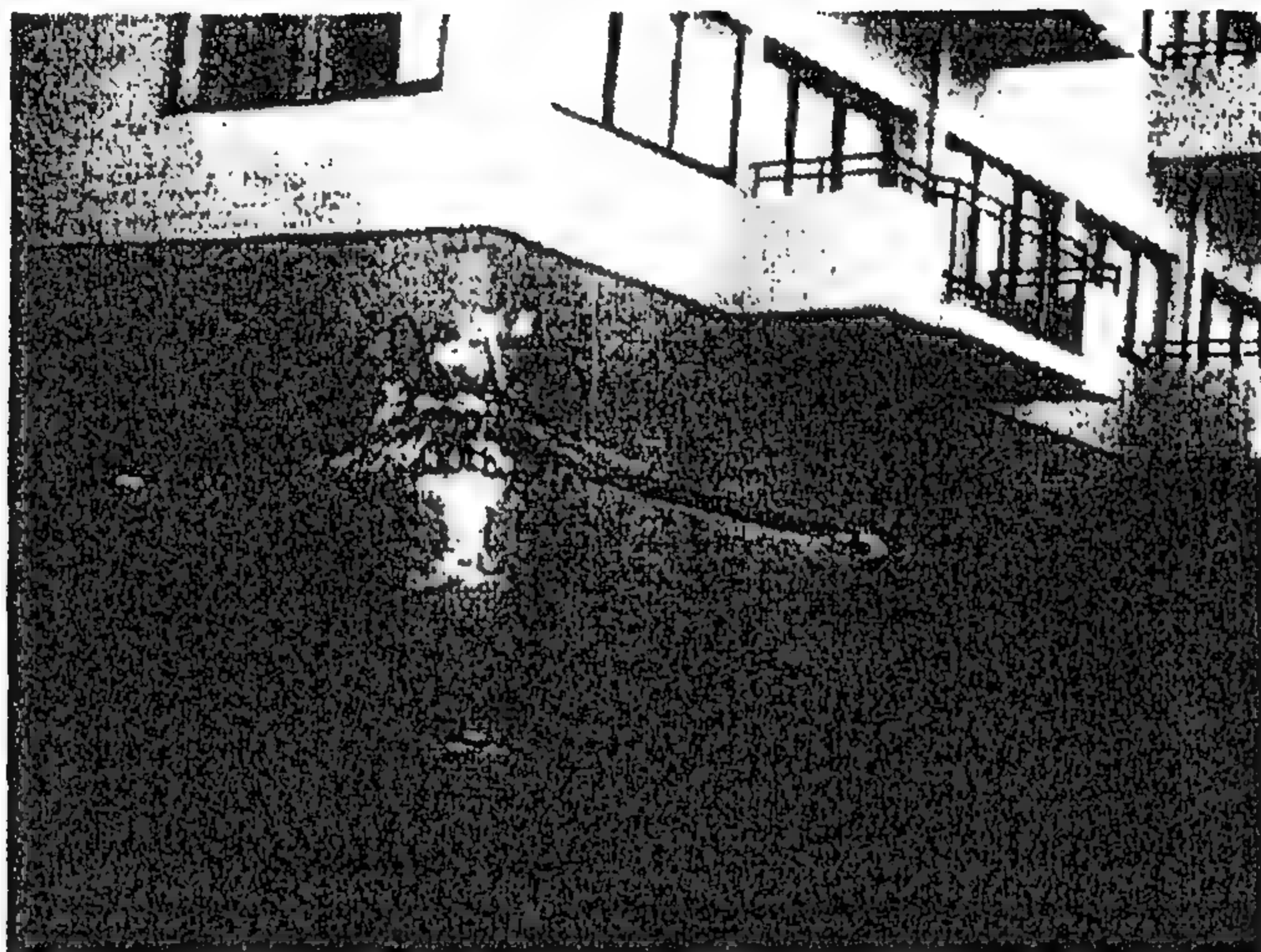


Figure 6-38. Failure of set-back building along a plane of weakness

انهيار مبنى نتيجة عدم الاستمرار الرأسى



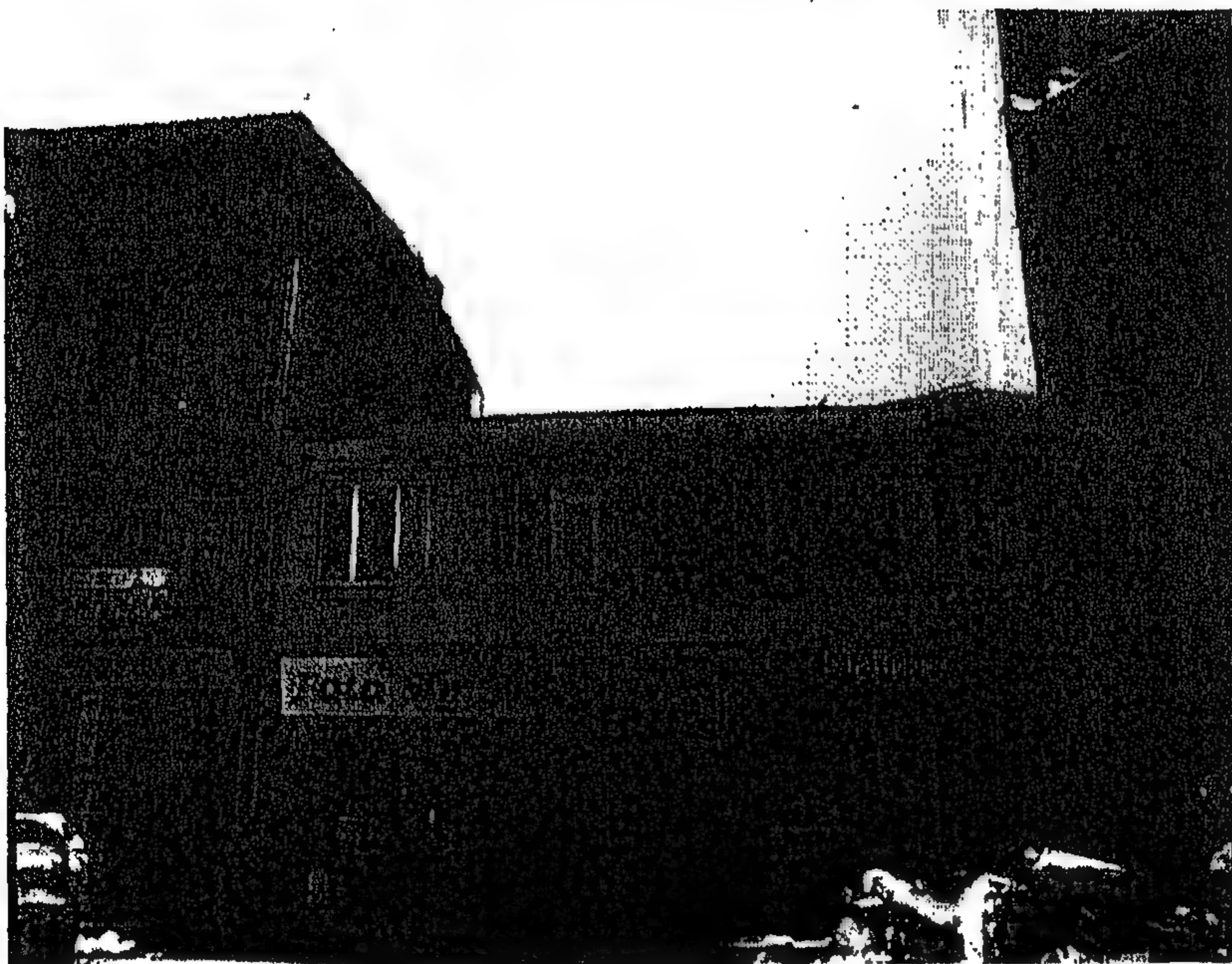
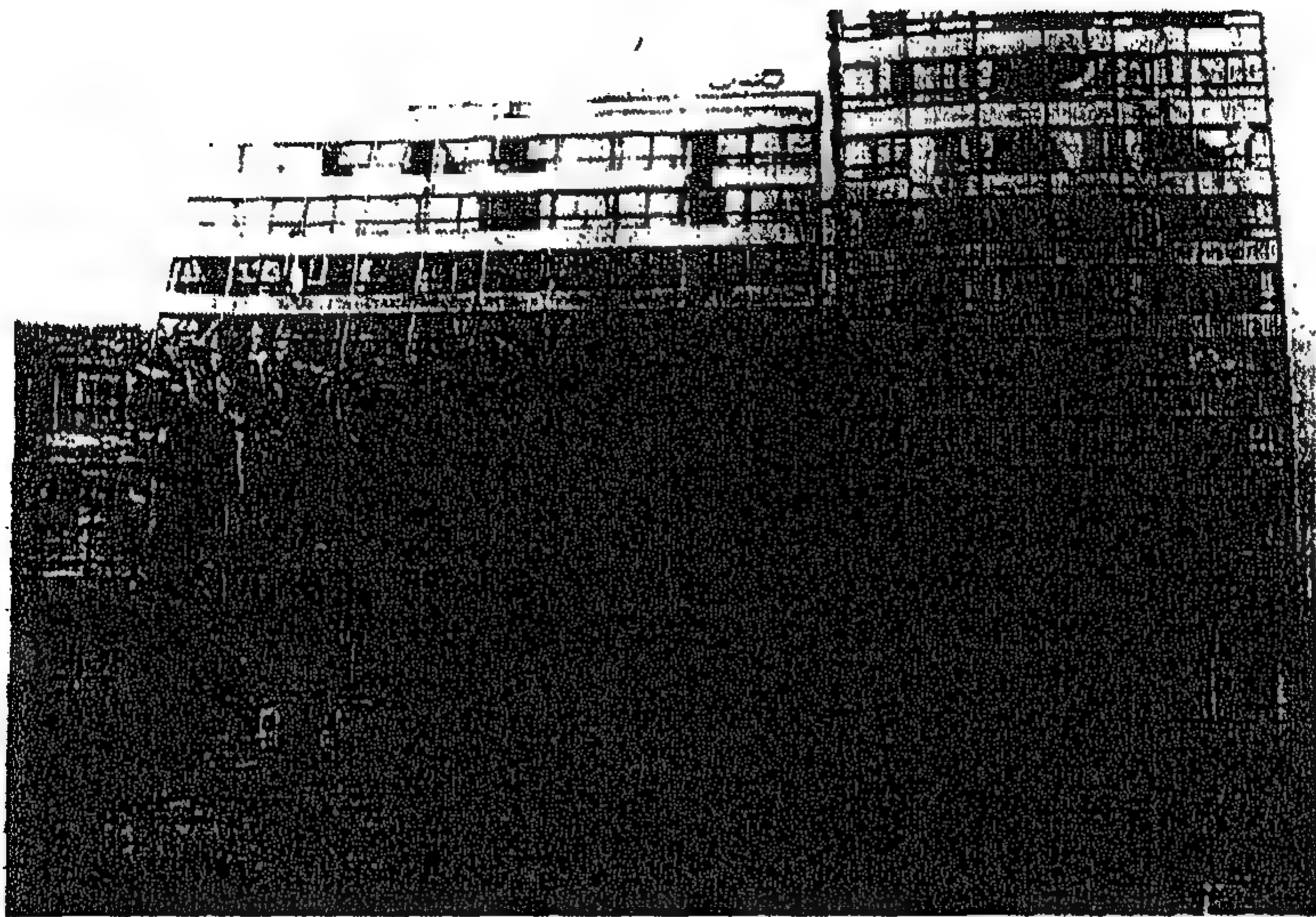


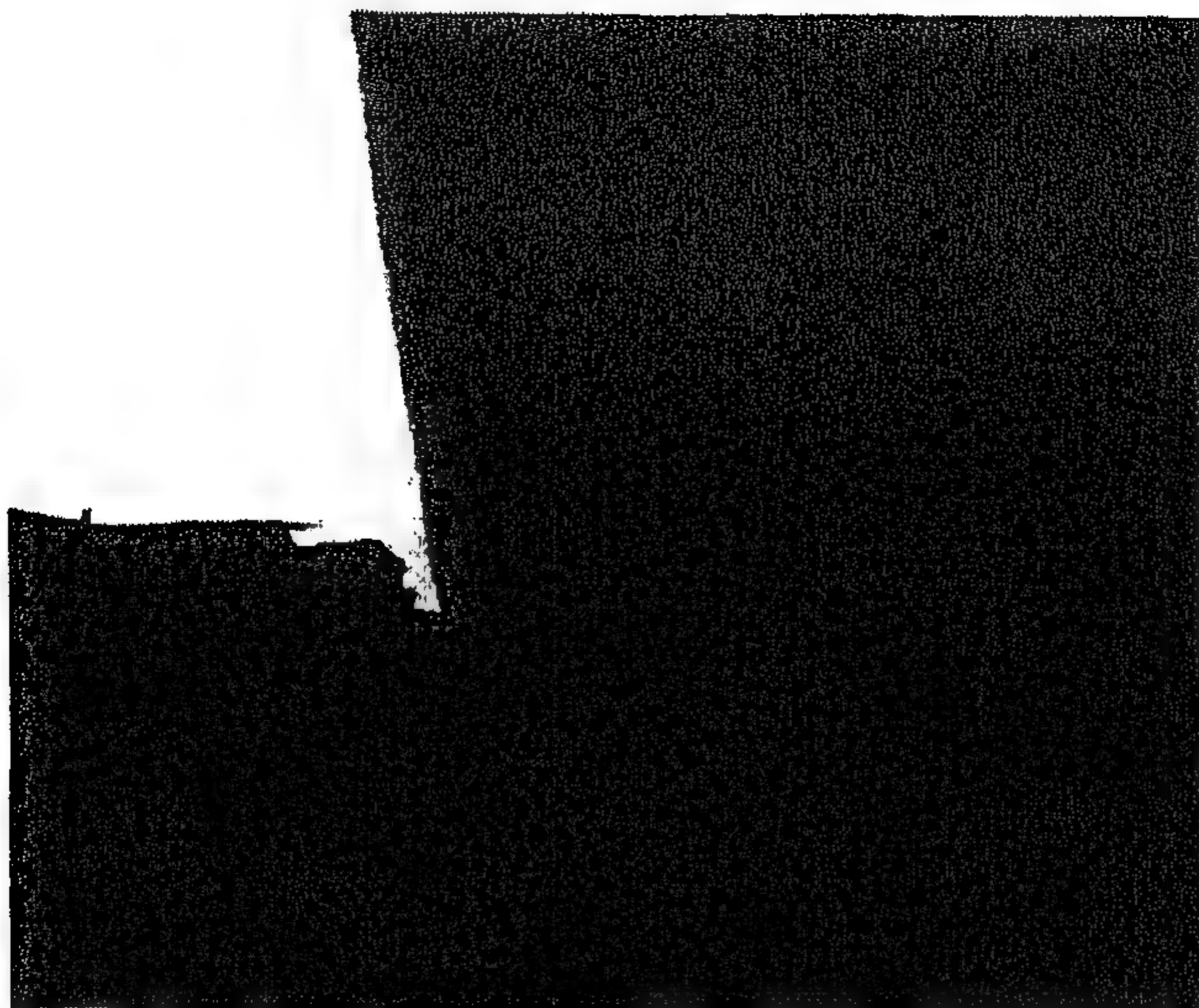
انهيار الأعمدة القصيرة



شكل (٣-٤) اشكال عدم الانتظام الراسي

- ٥- تؤمن الوفرة Redundancy السلامة من انهيار المباني بشكل فعال جداً، و هو أن يكون هناك أكثر من إطار في كل اتجاه وأكثر من باكية في كل إطار و ذلك حتى يكون هناك عناصر أخرى تقاوم الأحمال في حالة انهيار أي عنصر.
- ٦- قصور العناصر الخرسانية و هو عدم توافر الاشتراطات المقاومة للزلازل بها بالإضافة إلى تدهور مواد إنشاء المبنى ، و هو ما تم الإشارة إليه سابقاً.
- ٧- مشاكل الجار و تنشأ في بعض الأحيان من ارتطام المباني المتجاورة مع بعضها عندما تتمايل بتأثير الزلازل إذا لم تكن متباعدة عن بعضها بشكل كاف لعدم و عدم وجود فاصل زلزالي، وقد يكون الدمار كبيراً إذا لم تكن بلاطات الطوابق في المباني المتجاورة على منسوب واحد.
- ٨- و انهيارات العناصر الغير انشائية و أهمها الانهيارات في المصاعد عندما تكون أُنقال التوازن غير مقيدة و وجود مشاكل في الكابلات . كما تشكل الدراوي Parapets وألواح الواجهة Exterior Panels غير المثبتة بشكل مناسب خطورة كبيرة على أرواح الناس .
- ٩- المخاطر الجيولوجية : و أهمها ظاهرة التميع و قد سبق الإشارة إليها.





شكل (٣-٥) الانهيار نتيجة اصطدام المباني



الفصل الرابع



التقييم الزلزالي للمباني

ان وجود شكوك حول كفاءة المباني القائمة و التي لم يراعى بها هذه الاشتراطات لمقاومة الزلازل، يظهر مدى الحاجة إلى تقييم الخطورة الزلزالية لهذه المباني لتجنب أى مخاطر قد تحدث. و توجد طرق عديدة لتقييم كفاءة المباني القائمة لمقاومة الزلازل و مدى احتمالية للأضرار عند حدوث الزلازل و تنقسم طرق التقييم إلى قسمين: طرق كيفية (تجميعية) و ذلك بجمع معلومات عن خصائص المبنى عن طريق مهندسين مدربين و اعتمادا على الخبرات السابقة من تأثير الزلازل على المنشآت يمكن الحكم على التصرف المتوقع للمبنى و هي تعطى نتائج مبدئية و طرق أخرى تحليلية (كمية) تستخدم أي من طرق التحليل الإستاتيكي أو الديناميكي للتأكد من قدرة المبنى على مقاومة الزلازل . و يتم ذلك بتحديد قوة الزلازل المتوقعة و مقارنتها بسعة المبنى للزلازل و قد تم تطبيق التقييم في عدة دول مثل اليابان و الصين و نيوزيلندا و الولايات المتحدة و هو ما نأمل بتطبيقه للمباني في مصر و الدول العربية .

من أشهر الطرق الكيفية طريقة الهيئة الفيدرالية الأمريكية لإدارة المخاطر (Federal Emergency Management Agency) للفحص البصري السريع للمباني FEMA 154 و هي طريقة سريعة لفحص المباني تعتمد على إعطاء درجات للمبنى و في حالة عدم حصول المبنى على درجة عالية يعنى وجود قصور زلزالي في المبنى. و يمكن استخدامها كما اقترح Scarlat كطريقة إحصائية للمناطق المراد تقييمها بصورة مبدئية يتم بعدها اللجوء إلى تطبيق الطريقة الكمية (التفصيلية) FEMA 310 للمباني التي لم تحقق درجة عالية في الفحص السريع . و استنتج C Rai أن FEMA 310 من الطرق الجيدة للتقييم بعد مقارنتها بين عدد من الطرق العالمية المستخدمة للتقييم. و قد تم عمل

تحديث ل (FEMA 310) بالتعاون بين FEMA و American Society of Civil Engineers (ASCE) وأصبحت (ASCE 31-03)

٤-١ طريقة الفحص البصري السريعة FEMA 154

تعتبر هذه الطريقة أول مرحلة من مراحل التقييم و المعتمدة على خبرات من الزلازل السابقة و تقوم على فحص المباني من الشارع و تسجيل بيانات عن المبنى و لا يشترط دخول المبنى أو إجراء حسابات إنشائية و بالتالى فهى سريعة و غير مكلفة و لكنها تقريبية و هى تشمل كل أنواع المباني و لكنها تكون مناسبة للمباني التى لم تراعى مقاومة القوى العرضية و المباني الحساسة للزلازل و تبدأ خطوات الطريقة بقيام المهندسين بتحديد معلومات عن نوع المبنى و نوع التربة و حالة المبنى (من حيث به شروخ أو تدهور) و رسم المسقط الأفقى و استغلال المبنى مع تحديد النظام الإنشائي المقاوم للزلازل من ضمن ١٥ نظام موضحين فى استمارة البيانات .

و على ضوء نوع الإنشاء و الشدة الزلزالية للمنطقة (عالية و متوسطة و منخفضة) يتم تحديد درجة أساسية للمبنى و يتم تعديل للرقم سواء بالطرح أو بالجمع طبقا لحالة المبنى من حيث عدد الأدوار و مدى الانتظام الأفقى والرأسي حيث إن عدم انتظام الشكل و وجود الشروخ يقللا من الدرجة النهائية للمبنى و فى حالة التنفيذ قبل الكود يقلل الدرجة و أخيرا نوع التربة. و من الدرجة الأساسية و التعديلات يتم حساب الدرجة النهائية و هى تعطى احتمالية انهيار المبنى عندما تحدث الزلازل و يصبح المبنى كافي لمقاومة الزلازل لدرجة ٢.٠ و أكبر و لدرجة أقل من ٢.٠ لابد من طريقة تفصيلية لتقييم المبنى.

التقييم الزلزالي للمباني القائمة Seismic Evaluation of Existing Buildings

LOW

MODERATE

HIGH

LOW Seismicity

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Address: _____ Zip: _____
 Other Identifiers: _____
 No. Stories: _____ Year Built: _____
 Occupancy: _____ Date: _____

Scale: _____

Assembly: ☐ Commercial ☐ School ☐ Industrial ☐ Other ☐

BUILDING TYPE

Storey: _____
 Mid-Rise (4 to 7 stories)
 High-Rise (8+ stories)
 Vertical irregularity
 Plan irregularity
 Pre-Cast
 Post-Tensioned
 Soil Type C
 Soil Type D
 Soil Type E

FINAL SCORE, S

COMMENTS

MODERATE Seismicity

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Address: _____ Zip: _____
 Other Identifiers: _____
 No. Stories: _____ Year Built: _____
 Occupancy: _____ Date: _____

Scale: _____

Assembly: ☐ Commercial ☐ School ☐ Industrial ☐ Other ☐

BUILDING TYPE

Storey: _____
 Mid-Rise (4 to 7 stories)
 High-Rise (8+ stories)
 Vertical irregularity
 Plan irregularity
 Pre-Cast
 Post-Tensioned
 Soil Type C
 Soil Type D
 Soil Type E

FINAL SCORE, S

COMMENTS

HIGH Seismicity

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Address: _____ Zip: _____
 Other Identifiers: _____
 No. Stories: _____ Year Built: _____
 Occupancy: _____ Date: _____

Total Floor Area (sq. ft.) _____
 Building Name _____
 Use _____

PHOTOGRAPH

Scale: _____

Occupancy	Soil	Type					Falling Hazards			
		A	B	C	D	E	F	G	H	
Assembly Commercial School Other	Office Industrial Other	Hard Rock	Soft Rock	Stiff Soil	Soft Soil	Very Soft	Water Saturated	Overhead Powerlines	Overhead Cables	
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S										
BUILDING TYPE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	
Storey	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Mid-Rise (4 to 7 stories)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
High-Rise (8+ stories)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Vertical irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Plan irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Pre-Cast	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Post-Tensioned	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
Soil Type C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Soil Type D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Soil Type E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FINAL SCORE, S										
COMMENTS										
Detailed Evaluation Required YES NO										

* = Estimated, subjective, or available data
 (N/A) = Do not know

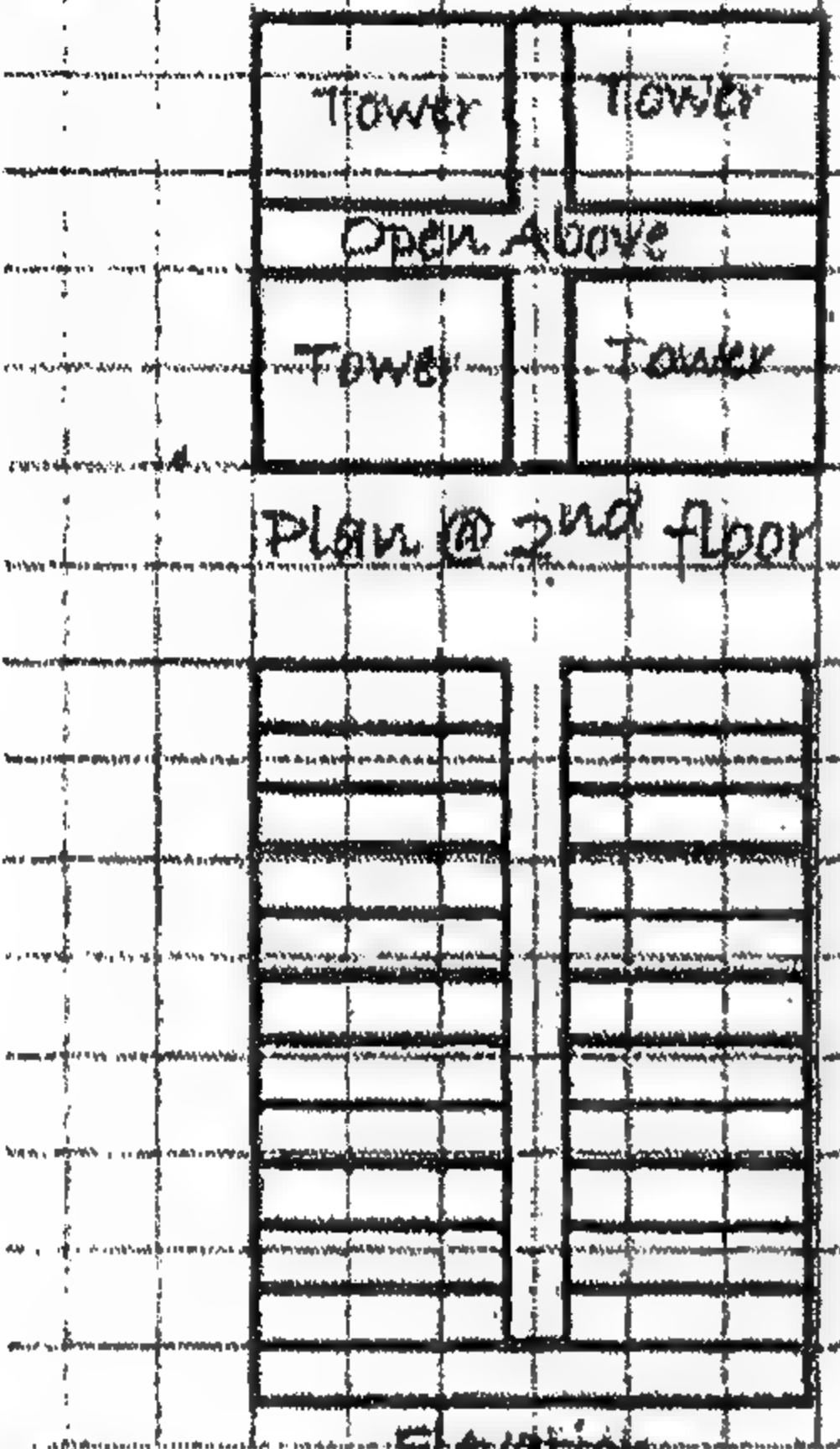
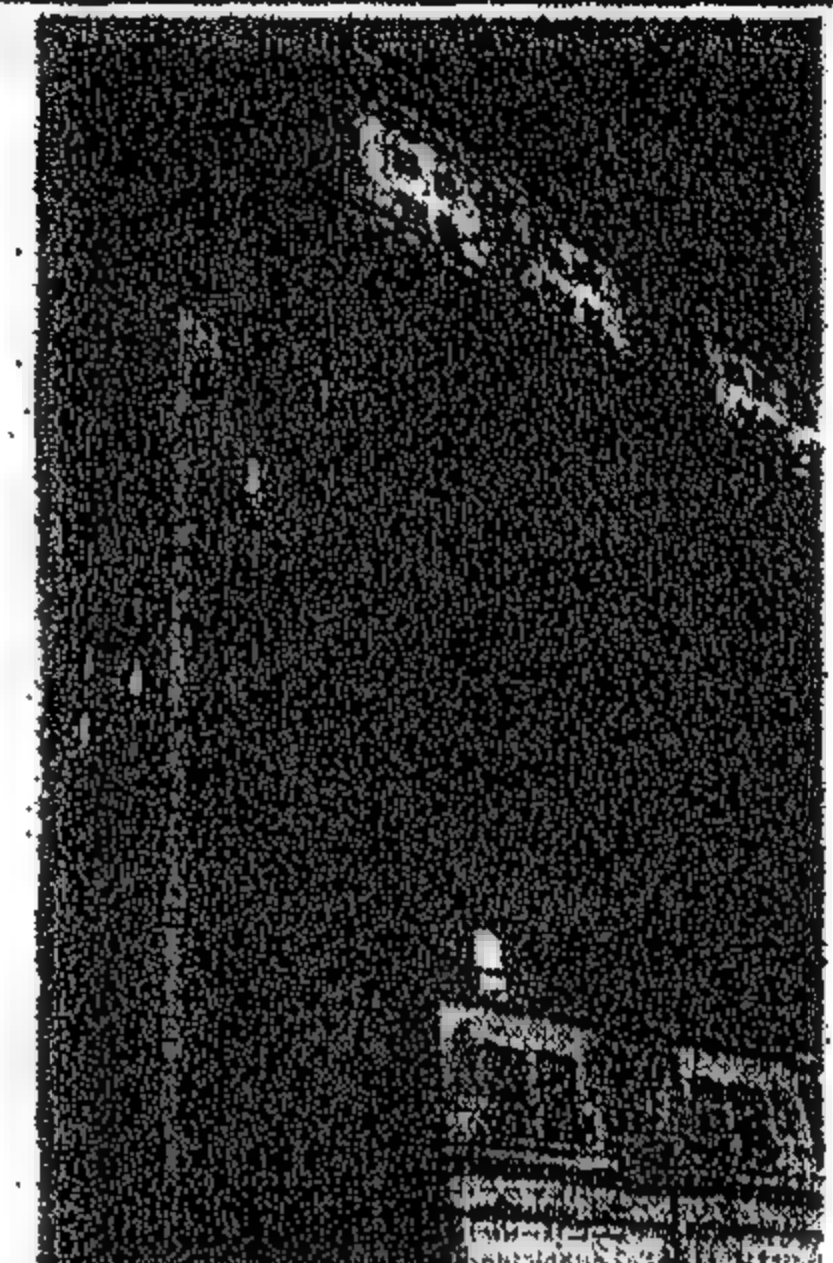
Figure 4-1 Data Collection Forms for the three designated seismicity regions (low, moderate, and high).

الفصل الرابع : التقييم الزلزالي للمباني

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form

Example 2

HIGH Seismicity

 <p style="text-align: center;">Plan @ 2nd floor</p> <p style="text-align: center;">Elevations</p>	<p>Address: <u>3711 Roxbury St.</u> <u>Anyplace</u> Zip <u>01234</u></p> <p>Other Identifiers: <u>Parcel 7469027034</u></p> <p>No. Stories: <u>12</u> Year Built: <u>1944</u></p> <p>Screened by: <u>A. Jones / D. Taylor</u> Date: <u>2/28/01</u></p> <p>Total Floor Area (sq. ft.): <u>34,800</u></p> <p>Building Name: _____</p> <p>Use: <u>Commercial and Offices above</u></p> <div style="text-align: center;">  </div>																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">OCCUPANCY</th> <th style="width: 20%;">SOIL</th> <th style="width: 20%;">TYPE</th> <th style="width: 40%;">FALLING HAZARDS</th> </tr> <tr> <td> <input checked="" type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Educational <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Institutional <input type="checkbox"/> Office <input type="checkbox"/> Residential <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Storage </td> <td> Number of Persons: 0-50 51-100 101-1000 1000+ </td> <td> A Hard Rock B Avg. Rock C Dense Soil D Soft Soil E Poor Soil F Very Poor Soil </td> <td> <input type="checkbox"/> Unreinforced Masonry <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Chimneys <input checked="" type="checkbox"/> Cornices </td> </tr> </table>		OCCUPANCY	SOIL	TYPE	FALLING HAZARDS	<input checked="" type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Educational <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Institutional <input type="checkbox"/> Office <input type="checkbox"/> Residential <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Storage	Number of Persons: 0-50 51-100 101-1000 1000+	A Hard Rock B Avg. Rock C Dense Soil D Soft Soil E Poor Soil F Very Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Masonry <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Chimneys <input checked="" type="checkbox"/> Cornices																																																																																																																																																																								
OCCUPANCY	SOIL	TYPE	FALLING HAZARDS																																																																																																																																																																														
<input checked="" type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Educational <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Institutional <input type="checkbox"/> Office <input type="checkbox"/> Residential <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Storage	Number of Persons: 0-50 51-100 101-1000 1000+	A Hard Rock B Avg. Rock C Dense Soil D Soft Soil E Poor Soil F Very Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Masonry <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Chimneys <input checked="" type="checkbox"/> Cornices																																																																																																																																																																														
<p style="text-align: center;">BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th>BUILDING TYPE</th> <th>W1</th> <th>W2</th> <th>S1 (MM)</th> <th>S2 (SM)</th> <th>S3 (M)</th> <th>S4 (S-M)</th> <th>S5 (P-M)</th> <th>C1 (MM)</th> <th>C2 (SM)</th> <th>C3 (M)</th> <th>PC1 (M)</th> <th>PC2</th> <th>RSE1 (M)</th> <th>RSE2 (M)</th> <th>LRM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Basic Score</td> <td>4.4</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> <td>3.8</td> </tr> <tr> <td>Mid-Rise (4-12 stories)</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>+0.2</td> <td>+0.1</td> <td>N/A</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>N/A</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>+0.1</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>High-Rise (> 12 stories)</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> <td>+0.6</td> <td>+0.5</td> <td>N/A</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>N/A</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>+0.5</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Vertical Irregularity</td> <td>-2.6</td> <td>-2.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.5</td> <td>N/A</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-1.5</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>N/A</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> </tr> <tr> <td>Plan Irregularity</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> </tr> <tr> <td>Pre-Code</td> <td>0.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>Post-Driftmark</td> <td>-2.4</td> <td>-2.4</td> <td>+1.4</td> <td>+1.4</td> <td>N/A</td> <td>+1.6</td> <td>N/A</td> <td>+1.4</td> <td>+2.4</td> <td>N/A</td> <td>+2.4</td> <td>N/A</td> <td>+2.8</td> <td>+2.8</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Soil Type D</td> <td>0.0</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Soil Type D</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> </tr> <tr> <td>Soil Type E</td> <td>0.0</td> <td>-0.8</td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-1.2</td> <td>-0.6</td> <td>-1.2</td> <td>-0.8</td> <td>-0.8</td> <td>-0.4</td> <td>-1.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">FINAL SCORE, S: <u>0.5</u></p>		BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MM)	S2 (SM)	S3 (M)	S4 (S-M)	S5 (P-M)	C1 (MM)	C2 (SM)	C3 (M)	PC1 (M)	PC2	RSE1 (M)	RSE2 (M)	LRM	Basic Score	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	Mid-Rise (4-12 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.1	N/A	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	N/A	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	High-Rise (> 12 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.5	N/A	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	N/A	+0.5	+0.5	+0.5	N/A	Vertical Irregularity	-2.6	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.5	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	Post-Driftmark	-2.4	-2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.8	N/A	Soil Type D	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.6	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MM)	S2 (SM)	S3 (M)	S4 (S-M)	S5 (P-M)	C1 (MM)	C2 (SM)	C3 (M)	PC1 (M)	PC2	RSE1 (M)	RSE2 (M)	LRM																																																																																																																																																																		
Basic Score	4.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8																																																																																																																																																																		
Mid-Rise (4-12 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.1	N/A	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	N/A	+0.1	+0.1	+0.1	0.0																																																																																																																																																																		
High-Rise (> 12 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.5	N/A	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	+0.5	N/A	+0.5	+0.5	+0.5	N/A																																																																																																																																																																		
Vertical Irregularity	-2.6	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.5	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																																																																																																																																																																		
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																																																																																																																																		
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2																																																																																																																																																																		
Post-Driftmark	-2.4	-2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.8	N/A																																																																																																																																																																		
Soil Type D	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																																																																																																																																		
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6																																																																																																																																																																		
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.6	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8																																																																																																																																																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 70%;"> <p>COMMENTS:</p> </div> <div style="width: 25%; text-align: center;"> <p>Detailed Evaluation Required</p> <p>YES NO</p> </div> </div>																																																																																																																																																																																	

* = Estimated, subjective, or unreliable data
N/A = Do Not Know

BR = Braced frame
FD = Frameless diaphragm
LM = Light masonry

MMF = Moment-resisting frame
RC = Reinforced concrete
RD = Rigid diaphragm

SH = Shear wall
TU = Tie up
URM INF = Unreinforced masonry infill

شكل (٤-٢) نموذج استمارة تحقق لمبنى

٤- ٢ طريقة التقييم التفصيلية 8Seismic Evaluation of Existing Buildings (ASCE 31-03)

تعتبر من أفضل الطرق الحديثة لتقييم المباني و فيها تم الجمع بين الطريقة الكيفية و الكمية من خلال ثلاث مراحل للتقييم المرحلة الأولى (Tier 1) مرحلة الفحص و هي مرحلة كيفية qualitative ويتم فيها طرح أسئلة تبين أوجه القصور المتوقعة في العناصر المختلفة لكل أنواع المباني عن طريقة قائمة التحقق (checklist) و حساب قوى القص و التحميل في العناصر المختلفة نتيجة الزلازل بمعادلات افتراضية اعتمادا على التصرف المرن للمبنى للتأكد من مطابقة العناصر الإنشائية و غير الإنشائية و الأساسات لاشتراطات مقاومة الزلازل. و تكون الإجابة على هذه الأسئلة بنعم أو لا و ذلك لمعرفة إذا كان المبنى آمن ضد الزلازل بصورة مبدئية أو المطلوب دراسة أعمق للأجزاء و العناصر التي لا تحقق الاشتراطات .

يوضح جدول (٤-١) قوائم التحقق المراد تطبيقها على المنشأ طبقا لشدة الزلازل بالمنطقة و مستوى التقييم حيث يتم تقييم كل المباني لتحقيق أمان الأرواح (Life Safety LS) و للمباني الحيوية التي ينبغي استغلالها فور حدوث الزلازل مثل المستشفيات و محطات الحريق و المولدات يتم التقييم طبقا للاستغلال الفوري (Immediate Occupancy Performance Level IO) حيث نجد أنه في المناطق ذات الشدة المنخفضة يجب في المباني توافر مسار للحمل العرضي إلى التربة و عدم وجود مظاهر لهبوط للتربة و التأكد من عدم وجود دراوي طوب يزيد نسبة الارتفاع إلى العمق لها عن ٢.٥ و لمباني الحوائط الحاملة يجب ربط الحوائط الحاملة مع الأسقف لتجنب انهيار الحوائط خارج المستوى .

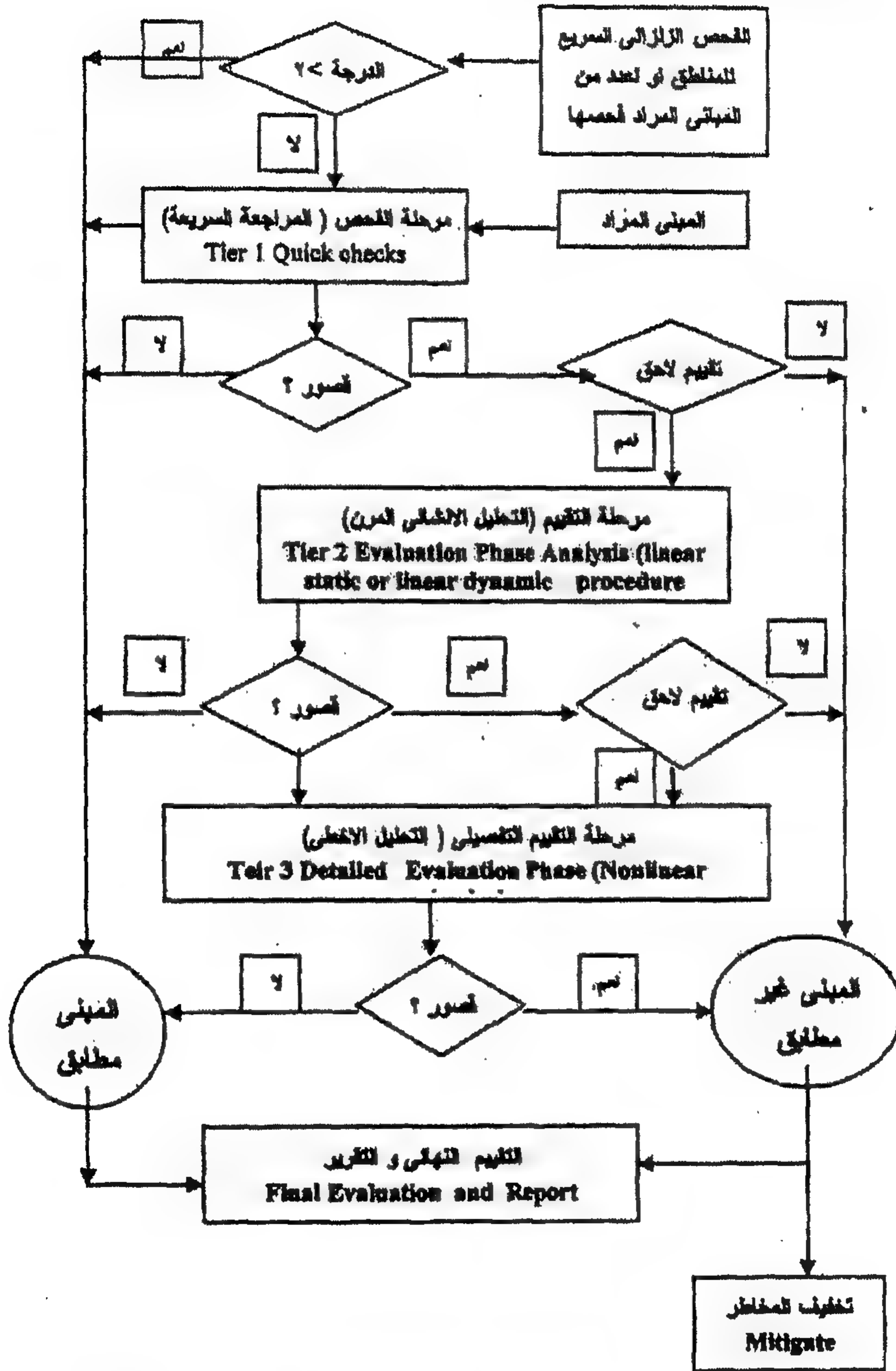
و للمباني في مناطق الشدة المتوسطة فيتم التحقق من مجموعة من البنود لتأكيد كفاءة النظام الإنشائي لأحمال الزلازل و تجنب المخاطر الجيولوجية و تجنب مخاطر العناصر الغير إنشائية الأساسية مثل الحوائط وفي المباني المهمة المراد تقييمها طبقا للاستغلال الفوري للشدة المتوسطة فيضاف إلى ما سبق التأكد من كفاءة العناصر الإنشائية المكملة لمقاومة الأحمال العرضية مثل أن تكون الإطارات بأعمدة قوية و كمرات ضعيفة و ذلك بأن يكون مجموع العزوم التي تتحملها الأعمدة تزيد ب ٢٠ % عن مجموع العزوم التي تتحملها الكمرات عند نفس الوصلة و التأكد من أن الأعمدة و الكمرات تشكل إطار ممطولي و ذلك بوجود حديد مستمر أعلى و أسفل الكمرة بطول رباط شد و كانتات كثيرة عند أطراف الأعمدة و مستمرة داخل وصلة العمود بالكمرة و التحقق أيضا من كفاءة العناصر غير الإنشائية المتوسطة مثل الأسقف المعلقة و الواجهات الزجاجية و يلاحظ من جدول (٤-١) أن مراحل التحقق للاستغلال الفوري للشدة المتوسطة هي نفسها مراحل التحقق لأمان الأرواح للشدة العالية . و طبقا لتصنيف ASCE 30-31 تبلغ الشدة الزلزالية المنخفضة أقل من ٠.٠٦٧ من عجلة الجاذبية و المتوسطة من ٠.٠٦٧ - ٠.٢ من عجلة الجاذبية و العالية أعلى من ٠.٢ من عجلة الجاذبية.

وفي حالة اجتياز قوائم التحقق يصبح المبنى مطابق زلزاليا وفي حالة عدم مطابقة أي من هذه العناصر يتم تدعيم هذا العنصر أو الدخول لمرحلة أدق و هي المرحلة الثانية Tier 2 Evaluation Phase و فيها يتم عمل تحليل مرن للمبنى تحت تأثير القوى العرضية لمعرفة قيم القوى و الإزاحات المؤثرة على عناصر المبنى و مقارنتها بأقصى قيم مسموح على أن يتم تخفيض الأحمال بمقدار m factor مراعاة للمطولية. و يتم القبول في هذه المرحلة بصورة كمية

(quantitative) للعناصر التي لم تحقق اشتراطات المرحلة الأولى. و في حالة عدم مطابقة المرحلة الثانية يتم تدعيم المبنى أو اللجوء لعمل تحليل لاخطي للمبنى .

٣-٤ التقييم الزلزالي للمباني بمصر

يبين التخطيط الانسيابي شكل (٣-٤) الأسلوب المقترح للتقييم الزلزالي للمباني القائمة في مصر حيث يبدأ التقييم بمرحلة الفحص السريع طبقاً للاستمارة المقترحة (شكل ٤-٤ ، ٤-٥) للمباني الخرسانية و مباني الحوائط الحاملة و هي طريقة سريعة يمكن استخدامها كطريقة إحصائية لتحديد المباني التي لها أولوية للتقييم و ذلك للمناطق المراد عمل تقييم للمباني فيها. و المباني التي لم تحقق كفاءة لمقاومة زلزالية من الفحص البصري السريع و كذلك المنشآت المهمة يتم اللجوء للتقييم التفصيلي طبقاً لـ ASCE 30-31 و يتكون من ثلاث مراحل أولها مراجعة سريعة و في حالة مطابقة المبنى للمراجعة السريعة يكون المبنى آمن و في حالة وجود قصور في مقاومة المبنى للزلازل يلزم إما تخفيف المخاطر بعمل تدعيم أو الدخول لمرحلة التقييم التحليلي للمبنى للتأكد من أمان المبنى و في حالة عدم المطابقة يلزم إما تدعيم المبنى أو تحليل لاخطي للمبنى و بعدها يتم إعداد تقرير بتحديد أمان المبنى أو إزالة الخطورة بتدعيم العناصر الضعيفة ضد الزلازل و ذلك بعد حساب الجدوى الاقتصادية أو تغيير استعماله .



شكل (٣-٤) التخطيط الانسيابي المقترح للتقييم الزلزالي للمباني القائمة في مصر

٤-٤ التقييم الزلزالي للمدارس بمصر

النظام الانشائي لمعظم المباني التعليمية يتكون من الهيكل الخرساني المسلح و هناك عدد من المدراس بنظام الحوائط الحاملة و يمكن تقسيم هذه المباني بصورة عامة الى

١- مدارس قديمة

أ- التي تم بنائها قبل عام ١٩٥٠ و عدد كبير منها من الحوائط الحاملة و عامل الزمن مؤثر على معظمها

ب- مباني تم بنائها في فترة الخمسينات و الستينات من القرن الماضي و معظم هذه المباني من الخرسانة المسلحة و حالة هذه المباني بصفة عامة جيدة

ج- مباني و التي تم بنائها في فترة السبعينات و الثمانينات من القرن الماضي و كان الاشراف على هذه المدارس من المحليات و التي لم يراعى في البعض منها الاصول الفنية في التنفيذ.

٢- مدارس جديدة

المباني التي تم انشائها منذ ١٩٩٠ و قد حدثت طفرة في عدد المدارس مع المشروع القومي لانشاء المدارس و الذي بدء بعد زلزال ١٩٩٢ و قد روعى في هذه المدارس التصميم و الاشراف الجيد و اشتراطات الكود.

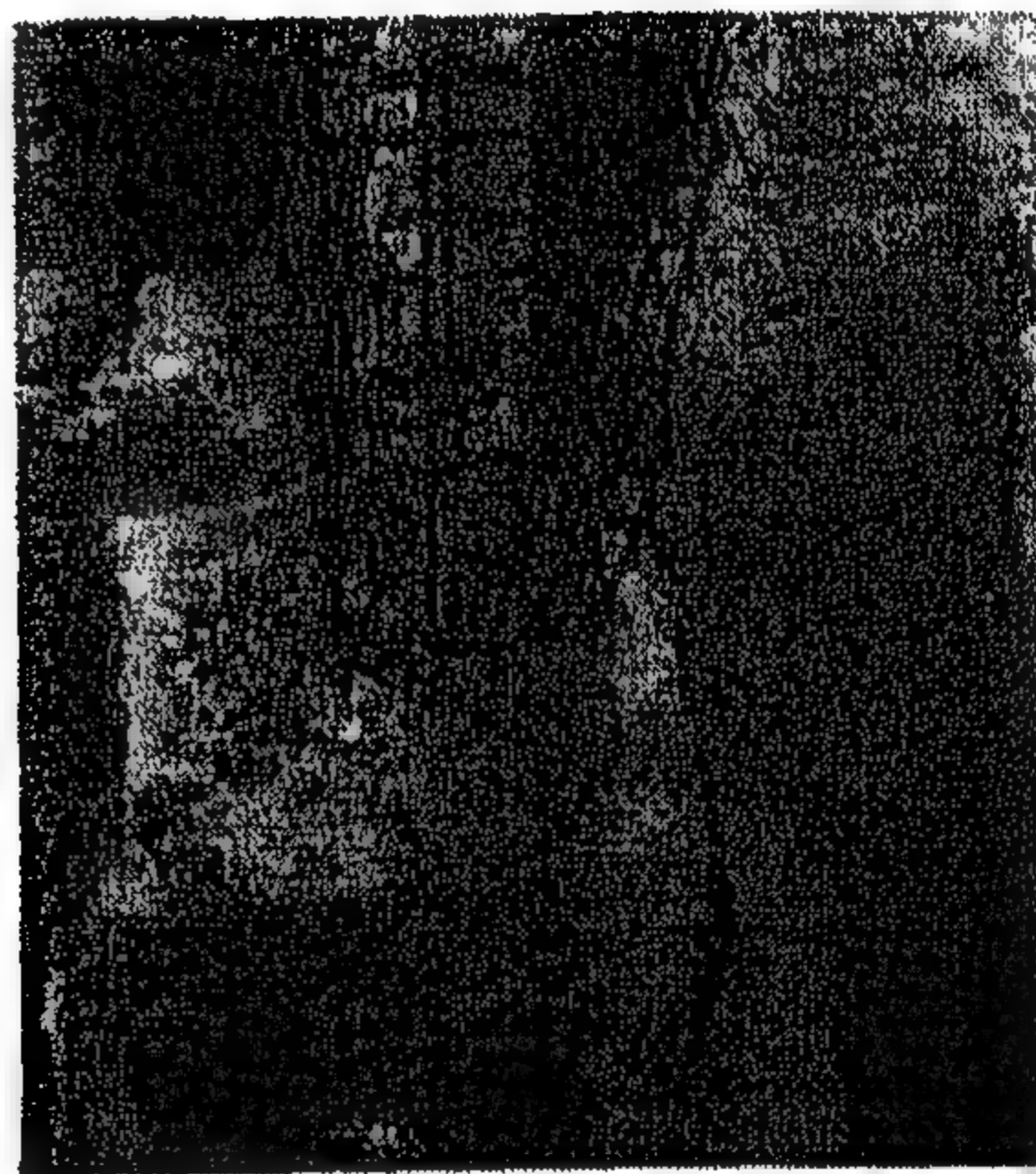
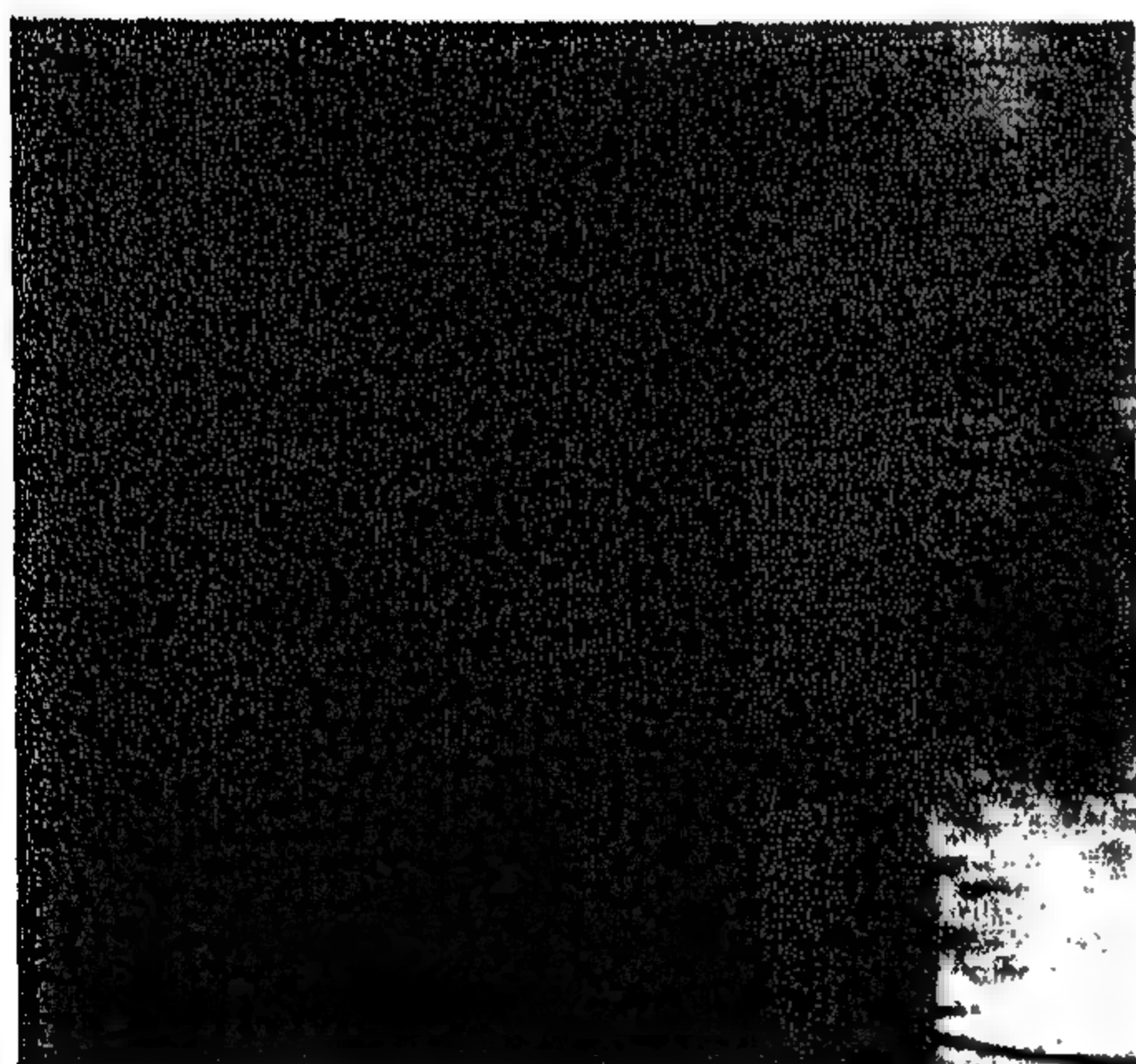
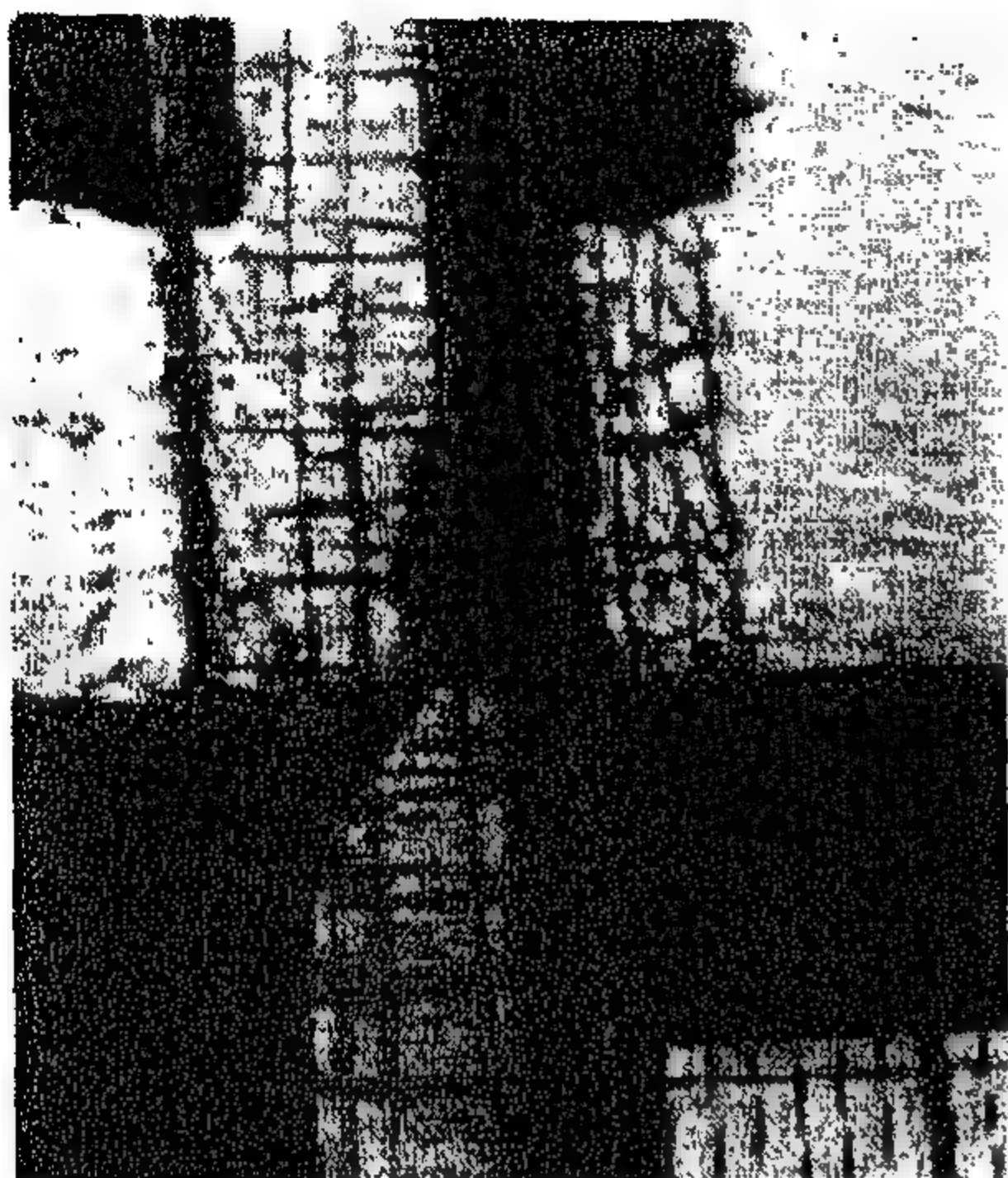
رغم أنه لم يحدث انهيارات كلية للمدارس من زلزال القاهرة ١٩٩٢ الا انه كانت المدارس القديمة من أكثر المباني تضررا من زلزال القاهرة ١٩٩٢ بالإضافة إلى أن التلاميذ كانوا من أكثر الضحايا و ذلك لأنه لم يكن لدى المدرسين فضلا عن التلاميذ أدنى معرفة للتصرف الأمثل أثناء حدوث الزلزال مما أدى لاندفاعهم نحو الطرقات و السلالم ولضعف بعض كويستات الطرقات فسقطت بهم في الفناء كما

أدى وجود سلم واحد بأغلب المدارس إلى تكديس التلاميذ مما تسبب بوفاة بعضهم تحت أقدام زملائهم.

و كان المركز السطحي للزلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ يقع في منطقة العياط بمحافظة الجيزة جنوب غرب القاهرة بنحو ٣٥ كم و بلغ مقداره الزلزالي نحو ٥.٨ درجة على مقياس ريختر و تبع الهزة الرئيسية عدد من الهزات اللاحقة (التوابع) و بلغ المقدار الزلزالي لأكبرها نحو ٤.٧ درجة على مقياس ريختر.

و تعرضت أعمدة الدور الأرضي لبعض المدارس القديمة للشروخ و الكسور، شكل (٤-٦)، حيث نجد أن هذه المدارس مصممة لتحمل القوى الرأسية فقط و لا تحقق مواصفات التصميم المقاوم للزلازل حيث أن الكمرات قوية والأعمدة ضعيفة خصوصا في الاتجاه الطويل وكذلك عدم وجود كانات في منطقة اتصال الكمرات بالأعمدة وقلة كانات الأعمدة مما يجعلها غير قادرة على مقاومة الزلازل بالإضافة الى ضعف مقاومة الخرسانة.

و لتطبيق التقييم الزلزالي للمدارس القديمة و التي تبلغ نسبتها حوالى ٤٠ % من اجمالى عدد المدارس فى مصر فقد تم اختيار نموذج يمثل المباني الهيكلية و نموذج يمثل المدارس المنشأة بنظام الحوائط الحاملة و التي تمثل حوالى ٥ % من اجمالى عدد المدارس فى مصر و طبقا للتخطيط الانسيابى نبدا باجراء الفحص السريع طبقا للاستمارة المقترحة و التي تم عملها للمباني الخرسانية و الحوائط الحاملة اعتمادا على الشدة الزلزالية البسيطة و المتوسطة



شكل (٤-٦) بعض المدارس القديمة بمحافظة الفيوم بعد زلزال القاهرة ١٩٩٢

و بافتراض أن النموذجين في منطقة متوسطة الشدة و بالتقييم السريع للمدرسة الهيكلية تصبح

الدرجة الكلية = الدرجة الاساسية + التعديلات

= ٣.٢ (مباني خرسانية مملوءة بحوائط)

- ١.٠ (التنفيذ قبل الكود)

- ٠.٦ (بافتراض أن التربة كثيفة)

= ١.٦ أقل من ٢

و بالتالى يحتاج الى تقييم تفصيلي

و بخصوص المدرسة المنشأة بنظام الحوائط الحاملة بسمك ٢٥ سم تصبح الدرجة الكلية = ٣.٤ (مباني حوائط حاملة)

- ٠.٤ (التنفيذ قبل الكود)

- ٠.٤ (بافتراض أن التربة كثيفة)

- ٠.٥ (عدم الانتظام الافقى)

= ٢.١ أكثر من ٢

و بالتالى لا يحتاج الى تقييم تفصيلي

الفصل الرابع : التقييم الزلزالي للمباني

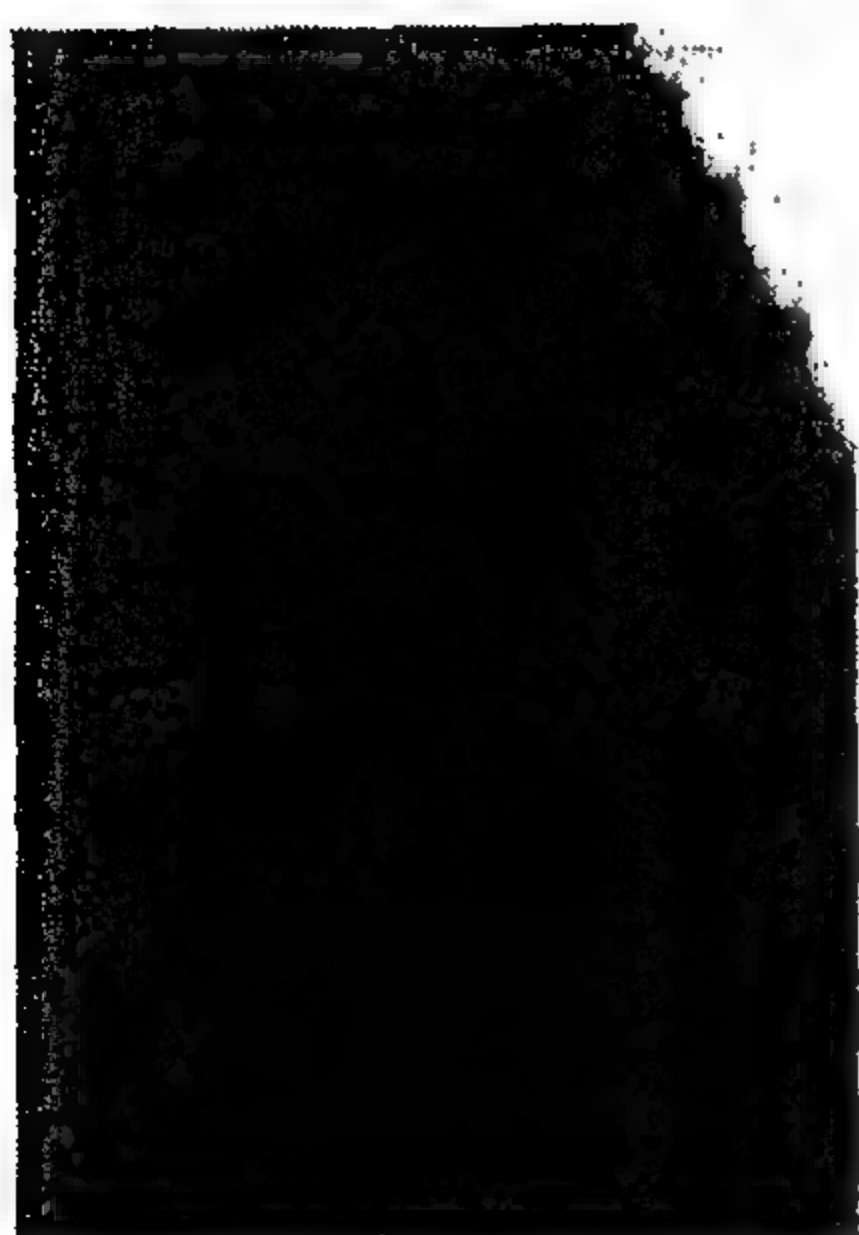
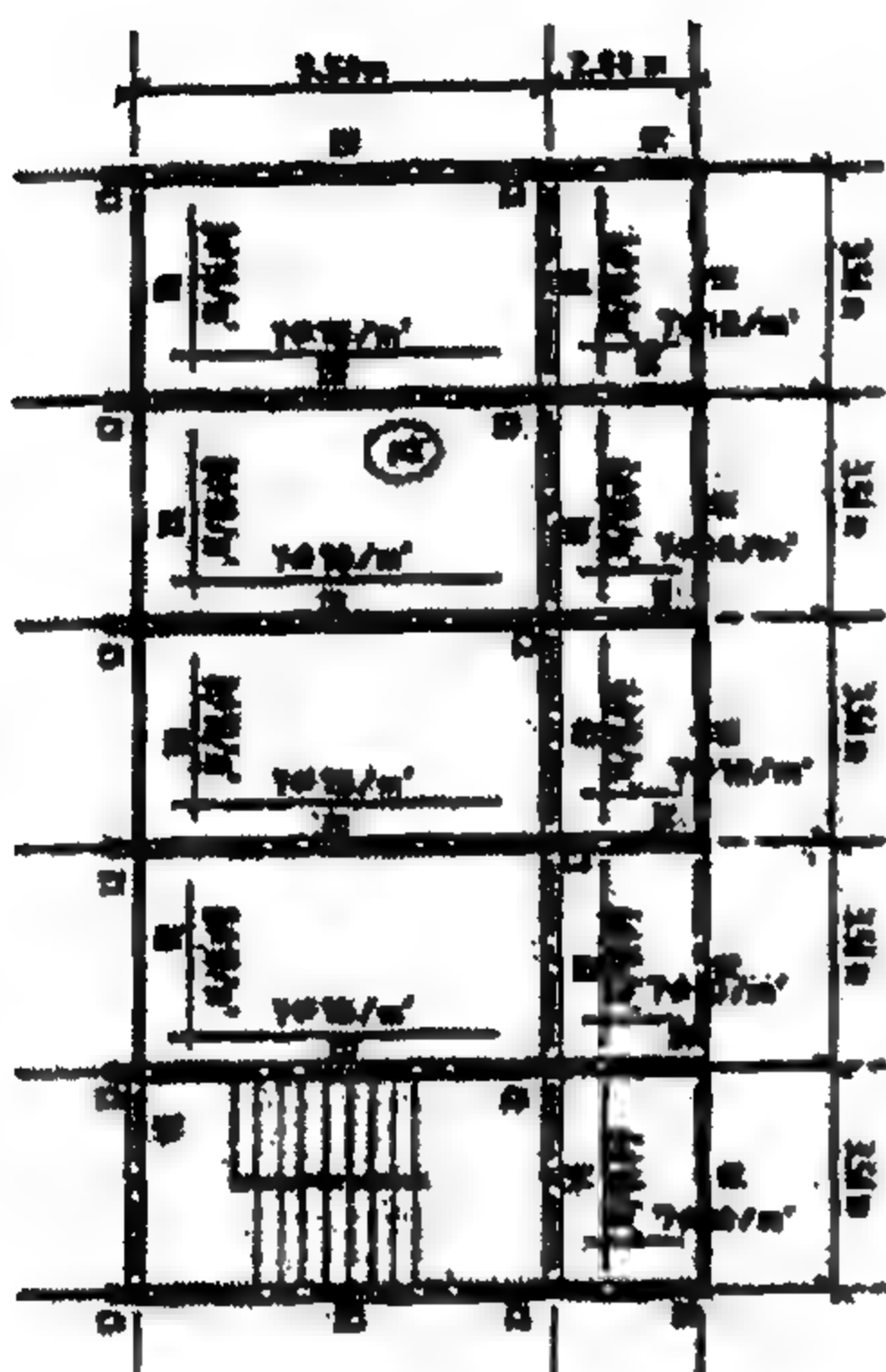
الاسم بالمخصص:

تاريخ البناء :

عدد الأتوار :

اسم المبنى :

العنوان :
مساحة الدور:



الدرجة النهائية للتهيئة									
شدة متوسطة (٠.١٠ - ٠.٢٥ من عجلة الجاذبية)					الدرجة الأساسية - التعديلات - الدرجة النهائية				
مباني الدوائط الحاملة		مباني خرسانية مسلحة			مباني من الدوائط الحاملة		مباني خرسانية مسلحة		
URM	C3 URM INF	C2 SW	C1 MRF	URM	C3 URM INF	C2 SW	C1 MRF		
٢.٤ -	٢.٢	٢.٦	٢.٠	٤.٦	٤.٤	٤.٨	٤.٤	الدرجة الأساسية	
٠.٤ -	٠.٢+	٠.٤+	٠.٢+	٠.٦ -	٠.٤ -	٠.٢ -	٠.٤+	متوسط الارتفاع (٤-٧ دور)	
—	٠.٤+	٠.٨+	٠.٥+	—	٠.٤ -	٠.٠	١.٠+	على الارتفاع (< ٧ دور)	
١.٥ -	٢.٠ -	٢.٠ -	٢.٠ -	١.٥ -	٢.٠ -	٢.٠ -	١.٥ -	عدم الانتظام لرأسي	
٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٨ -	٠.٨ -	٠.٨ -	٠.٨ -	عدم الانتظام الأفقي	
٠.٤ -	١.٠ -	٠.٤ -	١.٠ -	—	—	—	—	تم التنفيذ قبل الكود	
٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	٠.٥ -	حالة المبني (شروع، موط، التهيل)	

٠.٤-	٠.٦-	٠.٨-	٠.٦-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٦-	نوع التربة C (تربة كثيفة)
٠.٨-	١.٠-	١.٢-	١.٠-	٠.٨-	٠.٨-	٠.٨-	١.٤-	نوع التربة D (تربة متوسطة)
١.٦-	١.٦-	١.٦-	١.٦-	١.٤-	٢.٠-	٢.٠-	٢.٠-	نوع التربة E (تربة سائلة)
١.٦								الدرجة النهائية
مطلوب تقييم تفصيلي								التعليق
نعم								لا

C1 (MRF) = Moment resisting frame C2 (SW) = Concrete shear wall buildings C3 (URM INF) = Concrete frame buildings with unreinforced masonry infill wall A Hard rock no modification B Avg. rock no modification C Dense soil D Stiff soil E Soft soil (F poor soil detailed evaluation)

شكل (٤-٤) استمارة التقييم السريع لمدرسة حكومية قديمة .

تاريخ البناء:

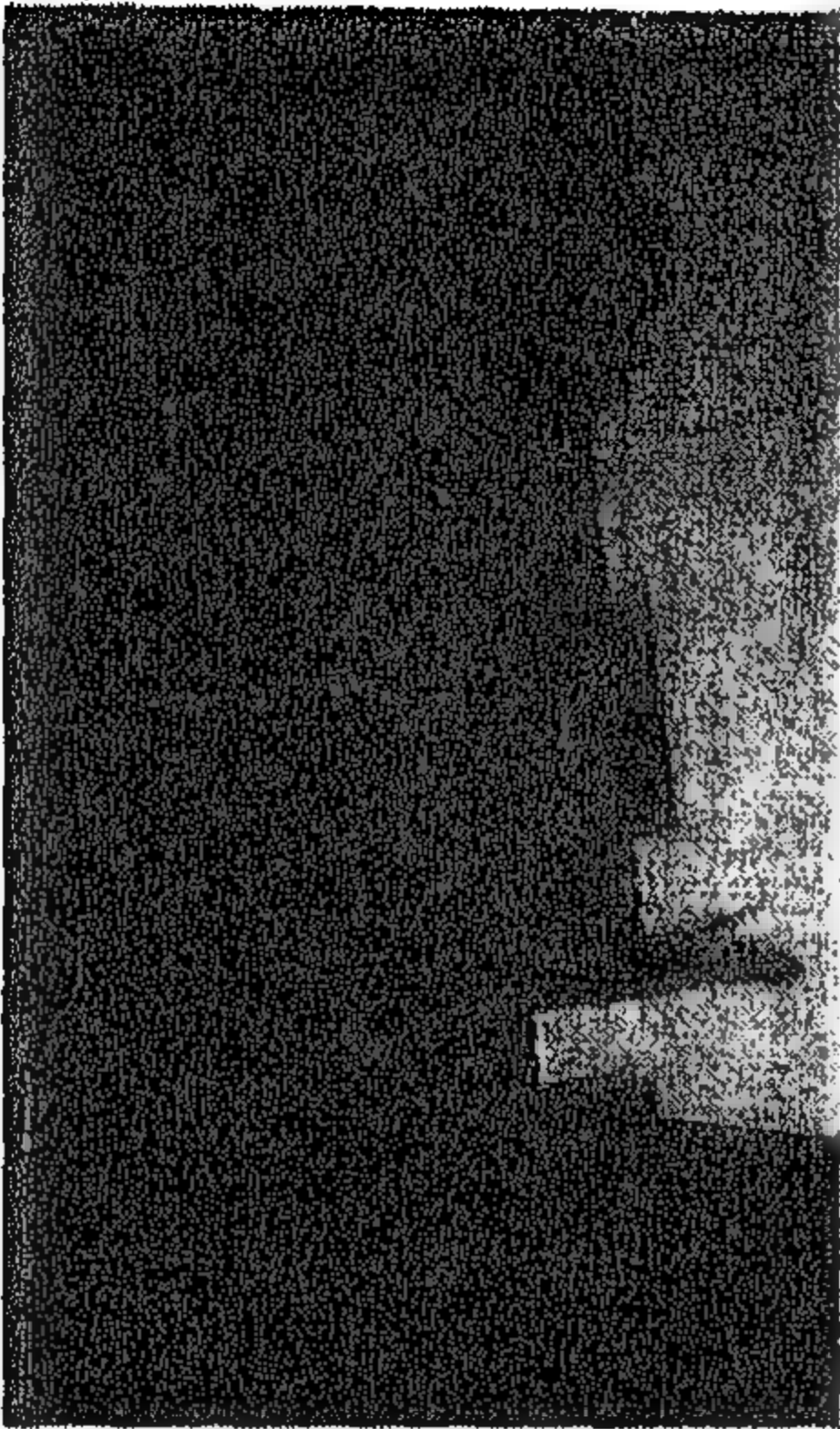
عدد الأتوار :

اسم المبنى :

العنوان :

مساحة الدور :

المقام بالفحص:



الدرجة الأساسية - التعديلات - الدرجة النهائية									
نوع المبنى	شدة منخفضة (٠.٠٠ - ١.٠٠ من عجلة الجاذبية)		شدة متوسطة (٠.١٠ - ٠.٢٥ من عجلة الجاذبية)		مبني خرسانية مسلحة		مبني حديد		مبني الخواطة للحاملة
	C1	C2	C3	URM	C1	C2	C3	URM	
الدرجة الأساسية	٤.٤	٤.٨	٤.٤	٤.٦	٢.٠	٢.٦	٢.٢	٢.٤	٢.٤
	٠.٤+	٠.٢-	٠.٤-	٠.٦-	٠.٢+	٠.٤+	٠.٢+	٠.٢+	٠.٤-
	١.٠+	٠.٠	٠.٤-	—	٠.٥+	٠.٨+	٠.٤+	—	—
	١.٥-	٢.٠-	٢.٠-	١.٥-	٢.٠-	٢.٠-	٢.٠-	١.٥-	١.٥-
	٠.٨-	٠.٨-	٠.٨-	٠.٨-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-
الدرجة الأساسية	—	—	—	—	١.٠-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٤-
	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-
	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-	٠.٥-
حالة المبنى (شروخ، هبوط ، انهيار)									
تم التنفيذ قبل الكود									
عدم الانتظام الراسي									
عدم الانتظام الأفقي									
عالي الارتفاع (> ٧ دور)									
متوسط الارتفاع (٤-٧ دور)									
الدرجة الأساسية									

٠.٤-	٠.٦-	٠.٨-	٠.٦-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٤-	٠.٦-	نوع التربة C (تربة كثيفة)
٠.٨-	١.٠-	١.٢-	١.٠-	٠.٨-	٠.٨-	٠.٨-	١.٤-	نوع التربة D (تربة متوسطة)
١.٦-	١.٦-	١.٦-	١.٦-	١.٤-	٢.٠-	٢.٠-	٢.٠-	نوع التربة E (تربة سلبية)
٢.١								الدرجة النهائية
مطلوب تقييم تفصيلي								
نعم لا								
التعليق								

C1 (MRF) = Moment resisting frame C2 (SW) = Concrete shear wall buildings
 C3 (URM INF) = Concrete frame buildings with unreinforced masonry infill wall, A Hard rock no
 modification B Avg. rock no modification C Dense soil D Stiff soil E Soft soil (F poor soil detailed evaluation)

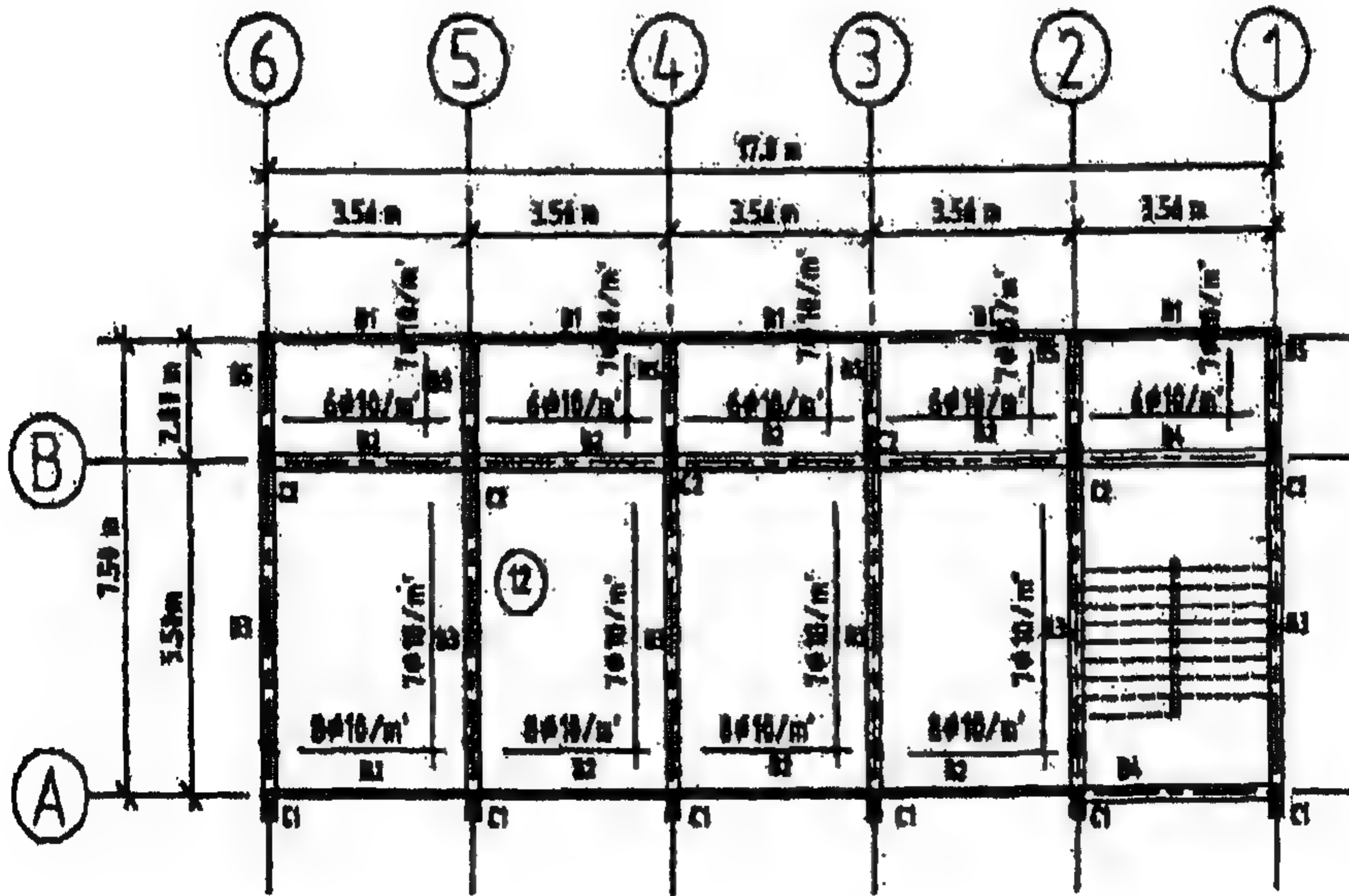
شكل (٥-٤) استمارة التقييم السريع لدراسة حائط حاملة قديم

طريقة التقييم التفصيلي

يوضح شكل (٧-٤) النظام الإنشائي المقاوم للأحمال العرضية و الذي يتكون من إطارات غير ممطوية فى الإتجاهين و إرتفاع الأدوار ٣.٣ م و إرتفاع الدور الأرضي ٤.٠ م و حوائط المبنى من الطوب المفرغ.

المرحلة الاولى

اول مرحلة للتقييم Tier 1 و فيها يتم تحديد القصور و الغرض منها مراجعة سريعة للمبنى للتأكد من مدى مطابقته لاشتراطات مقاومة الزلازل و ذلك لعناصر المنشأ ككل و الأساسات و العناصر الغير انشائية حيث توجد بعض الشروط و التى يتم تحديد المطابقة (مطابق م غير مطابق غ لا يوجد لا)



جدول الأعمدة				جدول الكمرات			
الدور الأرضي و الأول والثاني		التموذج ج	الحديد العلوي	الحديد السفلي		الأبعاد	التموذج ج
تسليح	أبعاد			المكسح	العدل		
٥٠*٢٥	٨ ١٣	ع ١	٢ ١٣	٢ ١٣	٢ ١٣	٦٢*١٢	ك ١
٦٠*٢٥	٨ ١٦	ع ٢	٢ ١٣	٢ ١٣	٢ ١٣	٩٢*١٢	ك ٢
			٢ ١٣	٤ ١٦	٤ ١٦	٧٠*٢٥	ك ٣
			٣ ١٣	٢ ١٦	٤ ١٦	٥٠*٢٥	ك ٤
			٨ ١٦	--	٢ ١٦	٧٠*٢٥	ك ١

كانات الأعمدة و الكمرات ٥ ٨ / م

شكل (٧-٤) المسقط الأفقي و التسليح لنموذج مدرسة قديمة

النظام الانشائي للمبنى

مطابق غير مطابق لا يوجد

١- مسار الحمل يجب ان يكون هناك مسار واحد على الأقل لنقل احمال الزلازل الى القواعد

م غ لا

٢- دور الميزانين يجب ان يكون الميزانين مدعم بشكل مستقل عن النظام الاصلى او مربوط مع عناصر المقاومة الافقية

م غ لا

٣- الدور الضعيف مقاومة العناصر المقاومة للاحمال الافقية فى اى دور لا تقل عن ٨٠ % من مقاومة الدور العلوى و السفلى له

م غ لا

٤- الدور اللين جساءة النظام المقاوم للاحمال العرضية لا يقل عن ٧٠ % من جساءة الدور العلوى و السفلى

م غ لا

٥- الشكل لا يوجد تغيير فى الابعاد الافقية للعناصر المقاومة للقوى العرضية بنسبة لا تزيد عن ٣٠ % بالنسبة للدوار اللاحقة

م غ لا

- ٦- عدم الانتظام يجب ان تكون العناصر الراسية مستمرة الى القواعد م غ لا
- ٧ - الكتلة يجب الا تكون الكتلة اكثر من ٥٠ % من الدور الذى يليه م غ لا
- ٨- عزم اللي المسافة بين مركز الكتلة و مركز الجساءة تكون اقل من ٢٠% من عرض المبنى م غ لا
- ٩- تدهور الخرسانة يجب الا يكون هناك تدهور ظاهر فى الخرسانة او الحديد فى العناصر الراسية و العناصر المقاومة للقوى العرضية م غ لا
- النظام المقاوم للقوى العرضية
- ١٠ - الوفرة عدد الاطارات فى كل اتجاه للمبنى لا يقل عن ٢ و عدد البواكى فى كل اطار اكبر من او يساوى ٢ م غ لا
- ١١- اجهاد القص اجهاد القص فى الاعمدة لا يزيد عن ٧ كجم / سم^٢ م غ لا
- (اجهاد القص طبقا للمعادلة = ٣.٢ كجم / سم^٢ فى الاتجاه الصغير و ١.٩٢ كجم / سم^٢ فى الاتجاه الطويل

$$V_j^{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right)$$

V_j = متوسط اجهاد القص في الأعمدة

n_c = العدد الكلى للأعمدة

n_f = عدد الاطارات في اتجاه الحمل

A_c = مجموع مساحات قطاعات الأعمدة للدور المراد حساب الجهاد له

V_j = قوى القص عند الدور طبقا للكود

m = معامل تعديل = ٢ لمستوى حماية الارواح = ١.٣ لمستوى الاستغلال الفورى

١٢ - اجهاد التحميل اجهاد التحميل نتيجة للاحمال الراسية م غ لا

مع وجود عزم الانقلاب

يجب الا يزيد عن $0.1 f_c$

اجهاد التحميل للعمود النهائى فى الاطار = 4.3 كجم / سم^٢

أقل من $0.1 f_c$

$$P_{ot} = \frac{1}{m} \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{V h_n}{L n_f} \right) \left(\frac{1}{A_{col}} \right)$$

P_{ot} = اجهاد التحميل فى الأعمدة الطرفية عند الاساس للاطارات نتيجة عزم الانقلاب

h_n = الارتفاع الكلى للمبنى

L = الطول الكلى للاطار

n_f = عدد الاطارات فى اتجاه الحمل

A_{col} = مساحة اخر عمود فى الاطار

V = قوى القص العرضية

m = معامل تعديل = ٢ لمستوى حماية الارواح = ١.٣ لمستوى الاستغلال الفورى

حالة التربة و القواعد

التميع	م	غ	لا
	التربة الخشنة المشبعة بالمياه يجب ان لا تكون موجودة الى عمق ١٥ م		
القواعد	م	غ	لا
	دم وجود تدهور او صدأ او هبوط بالقواعد		

العناصر الغير انشائية

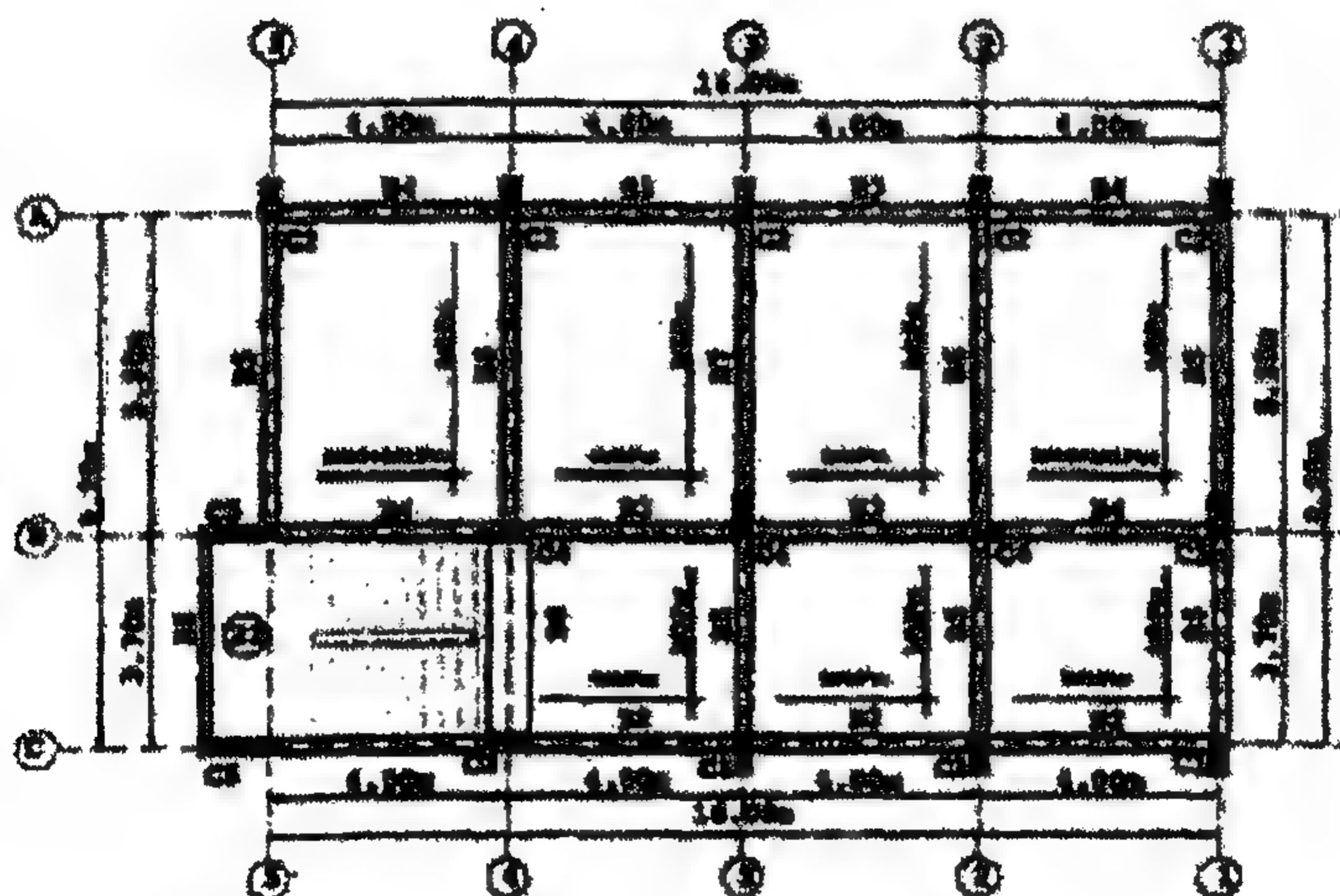
الحوائط	م	غ	لا
	الحوائط الطوب الفاصلة تدعم على مسافات تقل عن ٣.٥ م و التأكد من عدم وجود حوائط طوب يزيد ارتفاعها الى عمقها عن ٢.٥		

مظاهر القصور فى المرحلة الاولى فى هذا النموذج هى الوفرة حيث تتكون الاطارات من باكية و احدة فى الاتجاه القصير و كوبستات الطرقات من الطوب بسمك قليل مما يلزم الدخول فى المرحلة الثانية و لكن فى هذه المرحلة يتم عمل تحليل انشائى للمبنى للتأكد من كفاءة المبنى و يجب ايضا معرفة جهد التربة و ذلك بعمل جسة فى حالة عدم وجود تقرير للجسات و مقاومة الخرسانة و ذلك باجراء اختبارات على خرسانة الموقع و رفع قطاعات العناصر و إجراء اختبارات لمعرفة شكل حديد التسليح فى حالة عدم وجود لوحات للمبنى بمعنى انه يتم عمل سلامة انشائية كاملة للاحمال الراسية و الاحمال الجانبية و التى يتم حسابها طبقا للكود و لكن يتم تخفيض القوى العرضية لتكون بنسبة ٧٠ % من أحمال الكود

و ذلك لان معامل الأمان للمبنى القائم يقل عن معامل الأمان لتصميم مبنى مزعم انشاؤه بالاضافة الى ان العمر الافتراضى للمبنى القائم يقل عن العمر الافتراضى للمبنى المزعم إقامته.

و على ضوء الازاحات العرضية و القوى المتولدة بالعناصر نتيجة الاحمال الراسية و احمال الزلازل تقارن باقصى احمال تتحملها العناصر و تقارن الازاحات باقصى ازاحات بين الادوار طبقا للكود. و فى حالة قدرة العناصر لتحمل الاحمال المتوقعة و عدم زيادة الازاحات عن الحدود يصبح المبنى أمن و فى حالة عدم حدوث ذلك يتم تدعيم المبنى او الدخول فى المرحلة الثالثة و هى التحليل اللاخطى للمبنى عن طريق مختصين.

و بدراسة التصميم الإنشائى لنموذج يمثل المدارس الجديدة شكل (٤ - ٨) نلاحظ الإلتزام بمواصفات التصميم المقاوم للزلازل من حيث الشكل العام و التفاصيل و تلافى العيوب الموجودة فى المدارس القديمة و ذلك من خلال توسيع الطرقات و السلالم و وجود سلالم بحد ادنى اثنين فى كل مدرسة و عمل كوبستات الطرقات من الخرسانة المسلحة مع عمل فواصل زلزالية لتجنب عدم الانتظام الافقى و تجنب عدم الانتظام الراسى باستمرار عناصر المبنى الى نهايته و عدم تقليل قطاعات الاعمدة فى الادوار العلوية كذلك تم عكس اتجاهات الاعمدة حتى لا تكون فى اتجاه واحد بالاضافة الى تطبيق اشتراطات الكود لتحقيق الممتولية فى الاعمدة و الكمرات و زيادة الكانات اعلى و اسفل الاعمدة و استمرارها داخل الوصلات و الاهتمام بجودة الخرسانة.



شكل (٨-٤) الواجهة و المسقط الافقى لنموذج مدرسة جديدة فى مصر



الفصل الخامس



التنبؤ بالزلازل

بالرغم أن الزلازل ظاهرة طبيعية مرتبطة بالعمليات الجيولوجية التي تحدث في جوف الأرض، فإن التنبؤ بوقوع الزلازل ما يزال غير مؤكد، ولم يتم التوصل فيه إلى نتائج يعول عليها حتى الآن. حيث تعدّ الزلازل ظاهرة فريدة من نوعها في قائمة الكوارث الطبيعية، من حيث كونها لا تصدر تحذيرا على الإطلاق قبل وقوعها و على مر السنين، حاول العلماء العثور على جزء من إشارة منذرة حتى ولو كانت ضعيفة تسمح للمتنبئين بحدوث الزلازل بأن يحددوا وبدقة أين ومتى ستحدث الزلازل الكبرى، مما يبعد الناس عن الأذى. وبعد عقود في البحث مضت عبثا يشكك الكثير من علماء الزلازل الآن في وجود مثل هذه الإشارة. و مع ذلك فإنه يمكن بصورة عامة التعرف على مكان وشدة الهزات الأرضية المتوقع حدوثها في منطقة ما على سطح الأرض، وذلك من دراسة التاريخ الزلزالي للمنطقة وجيولوجيتها.

و يتوقف مستقبل ونجاح التنبؤ بالزلازل على مدى نجاح العلماء في موضوعين هما:

١- إمكانية تحديد المواقع المختلفة في صخور القشرة الأرضية الواقعة تحت قوى الإجهاد والتي بلغت فيها الصخور إلى الحد الحرج الذي تنهار بعده الصخور وتقع الزلزلة.

٢- إمكانية تحديد بداية تصدع وتمزق الصخور تحت سطح الأرض بسبب الإجهاد، والتي تسبق التصدع الرئيسي المسئول عن تحرر طاقة الإجهاد المخزنة في الصخور ووقوع الزلزلة.

وتعد المواقع التي لم تقع فيها زلازل على حواف الألواح التكتونية مناطق مستمرة في اختزان طاقة الإجهاد الواقعة عليها بسبب حركة الألواح. وتظل تختزن طاقة الإجهاد إلى حد معين مرتبط بطاقة الصخور ومقاومتها للانهايار وبعد ذلك الحد

تنهار الصخور وتتححرر منها الطاقة المختزنة على هيئة موجات ذبذبية أو زلازل تناسب شدتها مع الطاقة المتحررة. ويمكن تحديد مواقع الثغرات الزلزالية برسم مواقع الصخور التي تشققت في الزلازل الكبيرة، ومن هنا تأتي أهمية رصد وتسجيل توابع الزلازل.

وللصين سجل حافل بموضوع التنبؤ بالزلازل لاعتبارات عديدة أولها وقوعها فوق نطاق زلزالي شديد النشاط وأنها فقدت أكثر من مليونين من أبنائها في حوادث الزلازل التاريخية، ونظام بناء المساكن المتبع في كثير من قراها ومدنها يساعد على زيادة خسائر الزلازل وضحاياها، ومعظم المباني في الصين مقامة بالطوب ضعيف التحمل، والحجارة والطين، ولمعظم البيوت أسقف ثقيلة، وبعضها محفور كالكهوف في سفوح التلال. وبالطبع تصعب إعادة بناء نحو ثلث مباني الصين بأسلوب يقاوم الزلازل لاعتبارات اقتصادية، وبالتالي تشجع الإدارة الصينية العلماء فيها على تطوير أسلوب وبرنامج ناجح للتنبؤ بالزلازل حتى يمكن تحذير المواطنين وتقليل خسائر الزلازل بقدر الإمكان.

و كما سبق فان تحديد زمن ومكان وقوع الزلازل قبل حدوثها هو عملية صعبة ولعل عملية التنبؤ الناجحة الوحيدة التي حدثت حتى الان هي التي وقعت في الصين (هايشنج). وربما يعود بنجاح ذلك إلى أن علماء الصين لاحظوا حدوث هزات أرضية في المناطق المجاورة خلال اعوام ١٩٦٦ ، ١٩٦٧ ، ١٩٦٩ و كان التوزيع الجغرافي لمراكز الزلازل يتركز حول مدينة هايشنج مما دعى العلماء الى توقع زلازل ذات قوة ٥ - ٦ من مطلع السبعينات و على اثر ذلك تم تكثيف شبكات الرصد الزلزالي في المنطقة و في بداية ١٩٧٥ بدأت تلك الشبكات في تسجيل نشاط زلزالي خفيف ومتواصل و رجح العلماء من خلاله أن تلك الهزات تسبق الزلزال المتوقع و في يوم ٤ فبراير ١٩٧٥ أعلن للناس عامة أن زلزالا قويا سيحدث خلال

٢٤ ساعة و خرج الناس إلى الحقول و فى الساعة ٧.٣٦ وقع زلزال ٧.٣ درجة و احدث دمارا هائلا و لكن الخسائر البشرية كانت محدودة ولكن على الرغم نجاح هذا التنبؤ إلا أن العلماء الصينيين أنفسهم فشلوا فى التنبؤ بزلزال تانجشيان (٢٥).١٩٧٦

١-٥ المؤشرات التى تسبق عادة حدوث الزلازل

مؤشرات طويلة الأمد

من خلال دراسة الشواهد الجيولوجية و التكتونية الدالة على نشاط زلزالي قديم يمكن تحديد تكرارية حدوث هذا الزلزال

مؤشرات متوسطة الأمد

أ - التغير فى سرعة الموجات الزلزالية

يؤدى تراكم الاجهادات فى منطقة ما الى تغير الصفات الطبيعية للطبقات

تحت السطحية مما يؤثر على سرعة الموجات

ب - التغير فى معدل النشاط الزلزالي فى المنطقة

فى كثير من الأحيان يلاحظ ان الزلازل القوية تكون مسبقة بحدوث العديد

من الهزات الثانوي

ج - تولد وانطلاق غاز الرادون.

ويظل هذا الغاز محبوسا فى مسام الصخور، فإذا تعرضت هذه الصخور للتفلق

والتشقق نتيجة زيادة الضغوط الواقعة عليها، فإن غاز الرادون يتحرك وينطلق من

مسام الصخور. وبالتالي فإن أية زيادة فى تركيز هذا الغاز فى منطقة ما قد يعد

دليلا على أن صخور هذه المنطقة واقعة تحت ضغوط وأنها أخذت فى التصدع

والانهيار مما يوحي بوقع أحد الزلازل.

د - التغيرات الفيزيائية في الصخور.

فقد لاحظ العلماء أن الصخور التي تتعرض للأجهاد تتكون فيها شقوق وفجوات ميكروسكوبية عديدة وذلك قبيل انهيارها. وتزيد هذه الشقوق والفجوات من مسامية الصخور ونفاذيتها بدرجة كبيرة مما يساعد على سهولة مرور وتدفق السوائل فيها وبالتالي تقل المقاومة الكهربائية لتلك الصخور.

ه - التغير في المجال المغناطيسي للأرض.

ومعروف أن مرور الموجات الزلزالية في الصخور يتولد عنها تيار كهربائي وذلك بفعل ظاهرة الإجهاد الكهربائي لبعض المعادن.

و- التغيرات في منسوب المياه الجوفية في الآبار

نتيجة الضغوط الهائلة في المناطق المعرضة لحدوث الزلازل فإنه يحدث تغيرات في منسوب المياه الجوفية في الآبار

٣ مؤشرات التنبؤ قصيرة الأمد

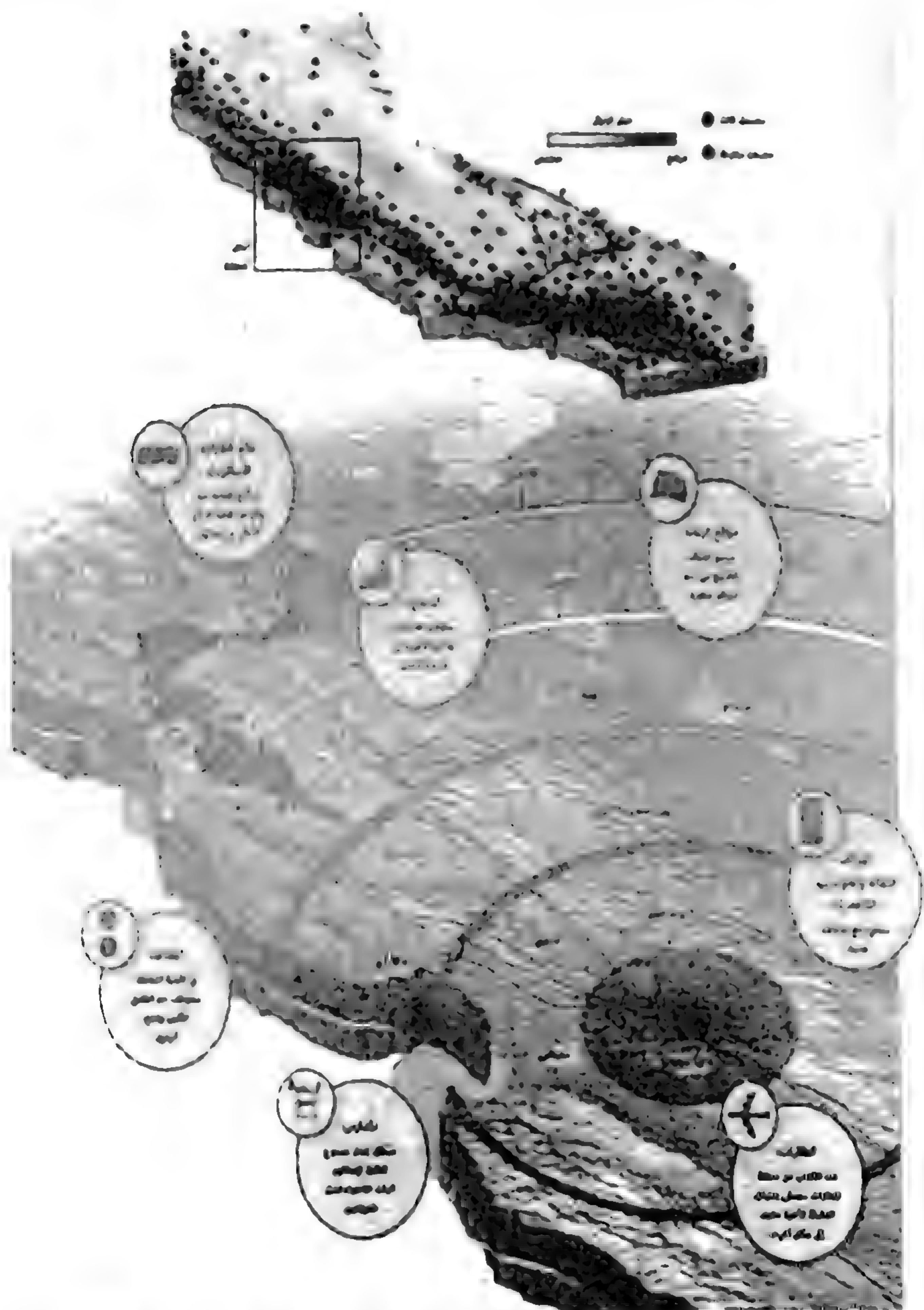
يعتقد الباحثون أن حواس الحيوانات ذات حساسية شديدة تمكنها من التقاط التغيرات الفيزيائية التي تحدث في صخور القشرة الأرضية و في الجو قبل حدوث الزلازل. و من السلوكيات الغريبة للحيوانات هروبها من حظائرها و إصدار أصوات غريبة و خروج الفئران و الثعابين من أوكارها و هروب الأسماك من مكانها و نباح الكلاب المستمر دون سبب واضح. ويفسر السلوك غير العادي لبعض الحيوانات قبل وقوع الزلازل بأن بعض حواسها تحس بالتغيرات التي تحدث في صخور القشرة الأرضية قبل وقوع الزلازل. (٢٧)

و يستطيع العلماء اليوم (في غضون ثوان من حدوث الحركات الخفيفة الأولى للزلازل) بقليل من التيقن التنبؤ بمدى قوة وانتشار الهزة القادمة. و ذلك من خلال دمج العلم الجديد في تقنيات الاتصالات الحديثة يمكن للسلطات الحصول على بضع

عشرات من ثواني التحذير، و ربما تصل إلى نصف دقيقة، لتحذير الناس في منطقة الضرر. قد لا يبدو ذلك كافياً، ولكنه مع ذلك، يكفي لإرسال تحذيرات لإغلاق محطات توليد الطاقة وشبكات السكك الحديدية، وفتح أبواب المصاعد تلقائياً ووضع رجال الإطفاء في حالة تأهب.

و الشكل المرفق يوضح نظام شيك آلت ShakeAlert المقترح لولاية كاليفورنيا حيث تعد كاليفورنيا واحدة من الأماكن الأكثر عرضة للزلازل على الكرة الأرضية، و يتم ذلك على النحو التالي

مواقع البناء: سينذر العمال بالخروج من أشد المواقع خطورة. نظم قطارات المسافرين : ستكبح تلقائياً، مما يقلل من فرصة خروج القطار عن مساره. المصانع: ستتوقف العمليات وتحول الأجهزة إلى وضعية الأمان. المصاعد: الأبنية الشاهقة ستتوقف عند الطابق الأقرب وتفتح أبوابها. المدارس : يُطلق إنذار مسموع للطلبة لإعطائهم الوقت للاختباء تحت طاولاتهم. الهواتف النقالة والحواسيب الشخصية: تضيء مع إنذارات معينة. الطائرات: عند الاقتراب من منطقة المطارات ستُعطى إشارات الدقيقة الأخيرة (اتجه إلى مكان آخر).



شكل (٥-١) نظام شيك ألرت ShakeAlert المقترح لولاية كاليفورنيا

٢-٥ الزلازل البحرية والموجات السنامية:

تقع بؤر كثير من الزلازل تحت قيعان البحار والمحيطات، وتنطلق من هذه البؤر موجات زلزالية تسري في صخور قاع المحيط وتخترق المياه حتى تصل إلى سطح الماء محدثة فيه زلزلة بحرية تقدر شدتها بمقياس خاص من ست نقاط.

وعندما تهتز مساحة واسعة من قاع المحيط تحدث تغيرا كبيرا في حجم حوض المحيط، ومن ثم تتحرك كتل ضخمة من المياه محدثة موجات سنامية في سطح الماء. وهي سلسلة من الموجات الطويلة والتي تتبع بعض الزلازل الكبيرة.

وتتولد الموجات السنامية في الغالب بسبب هبوط مفاجئ لمناطق في قاع المحيط أو أي تغيرات في طبرغرافية قاع المحيط وما يصاحب ذلك من تحرك كميات ضخمة من المياه في اتجاهات معينة وينتج عن ذلك في النهاية تحرك مياه المحيط في موجات سنامية عاتية. وأما الزلازل التي لا تسبب تغيرا في طبوغرافية قاع المحيط فلا تتجم عنها موجات سنامية. ولكن الثورات البركانية في قيعان البحار والمحيطات تصحبها وتنتج عنها موجات سنامية، تتناسب شدتها مع ضخامة البركان وشدة الانفجار.

وتسري الموجات السنامية بسرعة عالية تتراوح من ٥٠٠ إلى ٨٠٠ كم/ساعة وتغطي مساحات شاسعة من سطح الماء، وقد تقطع المحيط الهادي في بعض الحالات. ولهذه الموجات صفات غريبة، فعندما تتواجد في عرض البحار والمحيطات تتسع المسافة بين قمة الموجة والتي تليها لتتراوح من ١٠٠ إلى ٧٠٠ كم، أما ارتفاع القمة ذاتها فلا يزيد عن المتر في الغالب. وعندما تقترب من الشواطئ حيث المياه الضحلة والعديد من الحواجز الطبيعية كالخلجان فإن سرعة هذه الموجات تهبط إلى نحو ٦٥ كم/ساعة وتظل هذه الموجات محتفظة بطاقتها الحركية بأن يزيد ارتفاع هذه الموجات على حساب أطوالها. وقد يصل ارتفاعها

إلى ٢٠ متراً أو أكثر، وتصطدم هذه الموجات بالشاطئ وتغطي مساحات كبيرة منه محدثة فيه دماراً شديداً، وتسحب هذه الموجات السفن من الشواطئ إلى عرض المحيط وتغرقها، بعد أن تكون قد دمرت المدن الساحلية وجرفت ما تبقى منها إلى عرض المحيط.

ويعرف سكان المدن والقرى الساحلية المظلة على المحيطات أن الموجات السنامية تبدأ عادة بانحسار قوى وسريع للمياه إلى داخل حوض المحيط، وبعد دقائق معدودة (من خمس إلى ثلاثين دقيقة) تغمر الشواطئ بطرفانات عاتية تغرق مساحات واسعة من الشواطئ ثم تتسحب المياه بسرعة إلى المحيط محملة بالضحايا البشرية وحطام المباني والمنشآت والقوارب وغيرها من التجهيزات الساحلية المعروفة، لتعود موجه أخرى وتكرر ما فعلته سابقتها بالسواحل المنكوبة، وهكذا تتكرر ضربات موجات المد والجزر الزلزالية عادة بفواصل زمني يتراوح من ١٠ إلى ٦٠ دقيقة ويتوقف تكرار هذا المد والجزر الطوفاني بحسب قوة الزلزال المسبب لتلك الموجات السنامية وبعد بؤرته عن الشاطئ.

و حيث أن الموجات الزلزالية تصل قبل وصول الموجات السنامية إلى الشواطئ ومن ثم يأخذ سكان تلك المناطق حذرهم بمجرد تسجيل وقوع الهزات الأرضية العنيفة وذلك بالابتعاد إلى مسافة كافية عن الشاطئ أو تسلق التلال العالية إذا كانت موجودة.

٣-٥ توعية أفراد المجتمع بالسلوك الأمثل تجاه الزلازل

كثير من الخسائر نتيجة الزلازل تكون السبب فيها هو سوء التصرف نتيجة لما يصيب الناس من هلع أثناء حدوث الزلازل. و من هنا تظهر الأهمية القصوى لتوعية الجمهور بالسلوك الأمثل قبل و أثناء و بعد الزلازل.

قبل حدوث الزلازل

توعية أفراد المجتمع بالسلوك الأمثل تجاه الزلازل و ذلك من خلال برامج اعلامية حيث يتم تعريف البالغين من الأسرة بمواقع صمامات التحكم فى الغاز و الماء و مفاتيح فصل الكهرباء و عدم وضع أجهزة او أشياء ثقيلة على أرفف مرتفعة و كذلك من الضرورى تثبيت خزانات المياه فوق أسطح المباني بشكل قوى ومتين بالأرضيات واضعين فى الاعتبار قوة اهتزازها و كذلك تثبيت أطباق الاستقبال. و تعليم البالغين الأسعافات الأولية. و فى المدرسة عرض وسائل الأمان فى مواجهة الزلازل مع المدرسين و المسؤولين فى المدرسة ومناقشتها مع تعريف التلاميذ و تدريبهم بالسلوك الأمثل لهم أثناء حدوث الزلازل. وفى العمل يجب أن يتوافر فى كل مؤسسة خطة طوارئ لتنفيذها أثناء حدوث الزلازل و مسؤوليات رجال الطوارئ و الأنقاذ وتوفير وسائل الأمان كما يجب أن تخلق الممرات و الردهات و السلالم من كل ما يعيق الحركة و يجب على كل من يعمل أن يعرف أماكن قطع التيار الكهربائى و مفاتيح الغاز و ما بعدها تبعا لطبيعة العمل كما يجب على السلطات المحلية التأكد من تصميم و تنفيذ المباني الحديثة طبقا للمواصفات.

أثناء حدوث الزلازل

تعد سلوكيات الأفراد أثناء حدوث الزلازل القوية أحد العوامل التى تؤثر فى حجم الخسائر البشرية و من المهم هو رباطة الجأش و التصرف المترن حيث أنه من الضرورى أن يبق كل انسان فى مكانه سواء داخل المبنى أو خارجة فمعظم الإصابات تحدث أثناء الدخول أو الخروج من المباني و قد يعتمد بعض الأشخاص الى القفز من الشرفات. و من الممكن ان يغادر السكان القاطنين فى ادوار سفلية المبنى. و اذا كنت فى الخارج قف فى مكان مفتوح (بعيد عن المباني) و ابتعد عن الوقوف أسفل أسلاك الكهرباء و خطوط القوى الكهربائيه و ابراجها وبعيدا عن

الجسور و اذا كنت داخل المبنى استند على أحد العمدة أو تحت الكمرات أو أحد الأركان بوسط المبنى أو تحت منضدة و ابتعد عن النوافذ او المرايا الزجاجية ابتعد عن استعمال السلالم أو المصاعد. و فى المدرسة يجب تحلى المدرس بالهدوء فى الفصل و عدم الهلع و إقناع التلاميذ بعدم الخروج من الفصل و الاحتماء تحت المناضد وتكون وجوههم بعيدة عن النوافذ الزجاجية.

بعد الزلازل

فحص خطوط الغاز و الماء و عدم استعمال الكبريت. و عدم استعمال التليفون لإتاحة الفرص للمسؤولين للقيام باتصالاتهم و يجب الابتعاد عن المباني المهدمة و عادة ما تحدث توابع فتوقع ذلك. يجب فحص المبنى مبدئيا لعمل تقييم أولى بواسطة السكان ثم بواسطة مهندس متخصص حيث يتم تصنيف المنشآت طبقا للآتى : (أ) مبنى أمن و الذى لم ينخفض قدرته الزلزالية و يمكن استخدامه فورا (ب) مبنى حدثت به شروخ و لكن لم ينهار و يسمح بدخول المبنى و لكن ليس على اساس الاستعمال الدائم و يتم تدعيمه (ج) مبنى غير أمن و معرض للانهييار الفجائى و يمنع دخوله كما يتم حماية المباني المجاورة

ملحق (١)

**حساب أحمال الزلازل طبقا للكود المصرى لحساب
الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المبانى**

٢٠١١

حساب أحمال الزلازل طبقا لكود المصري للأحمال

تعتبر أحمال الزلازل المحسوبة طبقا لكود الاحمال أحمال تصميمية عند حالات الحدود القصوى يتم تخفيضها بالقسمة على ١.٤ عند استخدامها بطريقة المرونة. كما تتطلب المتطلبات الأساسية للتصميم أن يحقق تصميم وتنفيذ المنشآت فى المناطق ذات النشاط الزلزالي المتطلبات الآتية بدرجة كافية :-

أ - عدم الإنهيار

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال التصميمية الناتجة عن الزلازل بدون انهيار للمنشأ ككل أو بعض عناصره وبالتالي يحتفظ المنشأ بثباته ووظائفه المختلفة وذلك بعد حدوث الزلازل باحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ١٠ % فى خمسين سنة.

ب - الحد من التصدعات

يجب تصميم وتنفيذ المنشآت لمقاومة الأحمال الناتجة عن الزلازل بدون حدوث تصدعات للمنشأ وذلك بعد حدوث زلازل باحتمالية تجاوز للقوى التصميمية لا تتعدى ١٠ % فى عشرة سنوات .

ج - زيادة الأمان الزلزالي

ويتم ذلك بتصنيف المنشآت حسب درجة أهميتها حيث يحدد لكل منشأ معامل أهمية حسب الجدول رقم (٨-٩) وهذا المعامل يعتمد على زمن الرجوع الافتراضى للزلازل

جدول (٨-٩) مجموعات الأهمية ومعاملات الأهمية γ_i

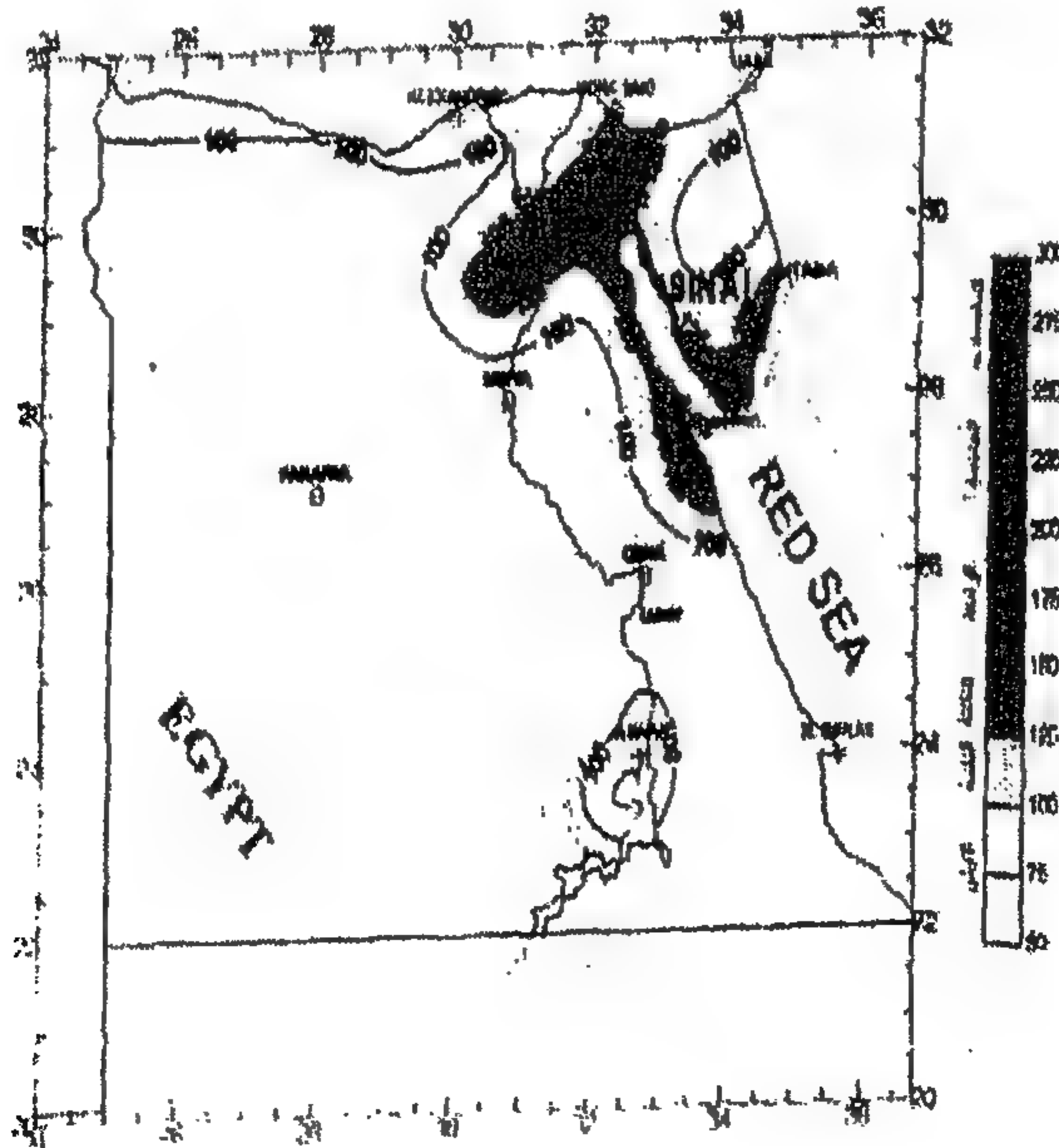
مجموعة الأهمية	المنشآت	معامل الأهمية γ_i
I	المنشآت التي يجب أن تعمل بكفاءة تامة أثناء وبعد حدوث الزلازل والمستخدم لأغراض الطوارئ والتي تمثل أهمية كبيرة للأمان العام مثل : المستشفيات، محطات الإطفاء، محطات الكهرباء، أقسام الشرطة، مراكز الطوارئ، والاتصالات ... الخ	1.40
II	المنشآت التي لها أهمية وجود مقاومة زلزالية بالنسبة لما يترتب على انهيارها من خسائر في الأرواح مثل : المدارس، صالات التجمع، المراكز الثقافية، الخزانات، المداخل والصوامع، دور العبادة .. الخ	1.20
III	المنشآت العادية وغير المرتبطة بأية مجموعة أخرى	1.0
IV	المنشآت ذات أهمية قليلة للأمان العام مثل : المنشآت الزراعية ، المنشآت المؤقتة .. الخ	0.80

الأحمال الناتجة عن الزلازل

تقسم جمهورية مصر العربية من حيث التأثير الزلزالي الى خمسة مناطق تبعا لقيمة العجلة الارضية.

جدول (٨-٢) تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث التأثير الزلزالي

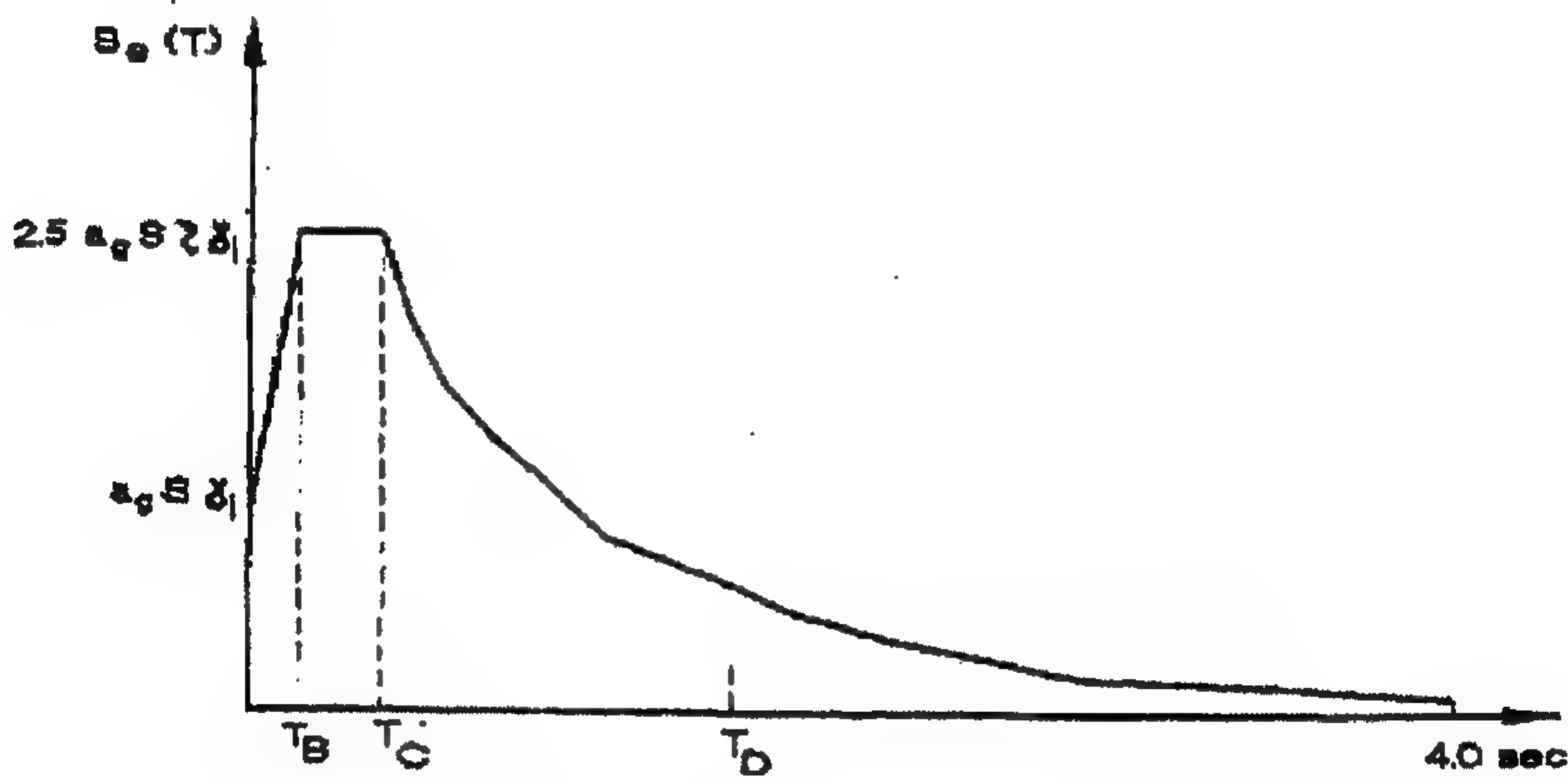
المنطقة	قيمة العجلة الأرضية التصميمية (a_r)
المنطقة الأولى	0.1 g
المنطقة الثانية	0.125 g
المنطقة الثالثة	0.15 g
المنطقة الرابعة	0.20 g
المنطقة الخامسة (أ)	0.25 g
المنطقة الخامسة (ب)	0.30 g



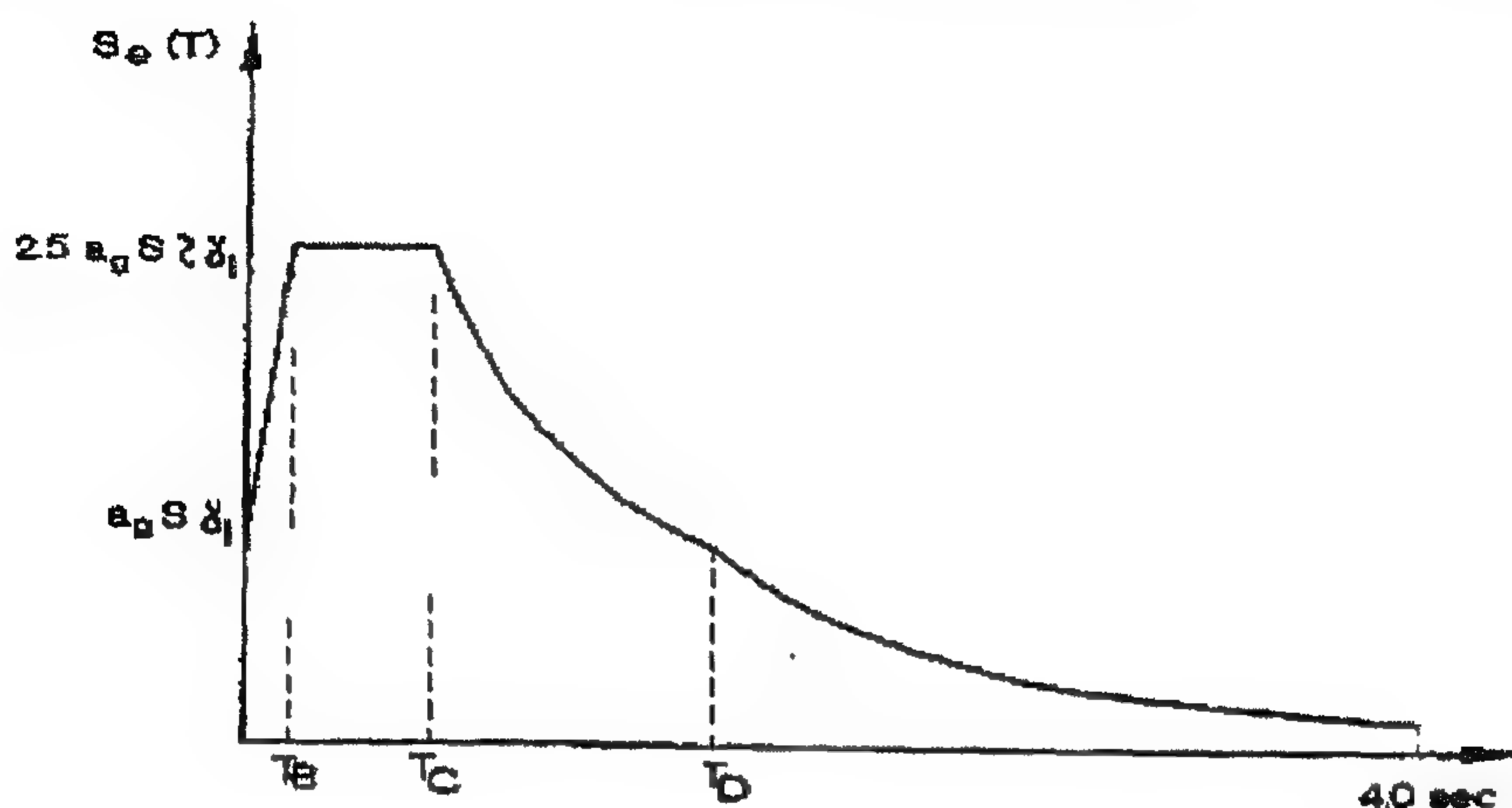
مناطق النشاط الزلزالي

التمثيل الزلزالي للأحمال الناتجة عن الزلازل

يتم تمثيل حركة القشرة الأرضية الأفقية نتيجة الزلازل في أى نقطة من السطح بواسطة طيف تجاوب مرن لعجلة القشرة الأرضية ويرمز لها " بطيف التجاوب المرن " و ذلك بمركبتين أفقيتين متعامدتين وغير مرتبطتين وكل منهما ممثلة بنفس طيف التجاوب المرن ، كما ينص الكود على أن تصمم جميع المنشآت داخل الجمهورية مصر العربية لتقاوم قوى زلزالية يتم حسابها باستخدام طيف التجاوب الموضح فى الشكل رقم (٨-٢) مع مراعاة استخدام كل من النوع الأول والنوع الثانى من منحنى طيف التجاوب Type(2) للمناطق الساحلية المطلة على البحر المتوسط (المسافة ٤٠ كيلو متراً بمحاذاة الساحل) ، واستخدام النوع الأول من منحنى طيف التجاوب Type (1) لجميع مناطق الجمهورية.



(أ) النوع الأول Type (1)
يستخدم لجميع مناطق الجمهورية



النوع الثاني (2) Type (2)

يستخدم للمناطق الساحلية المظلة على البحر المتوسط

شكل (٨-٢) طيف التجاوب الأفقى المرن

Elastic Horizontal Response Spectrum

طيف التجاوب الأفقى المرن $S_e(T)$ لزمن العودة القياسى يتحدد من الآتى :

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \gamma_I S \left[1.0 + \frac{T}{T_B} (2.5 \eta - 1.0) \right],$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = 2.5 a_g \gamma_I S \eta,$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = 2.5 a_g \gamma_I S \eta \left[\frac{T_C}{T} \right],$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ sec} : S_e(T) = 2.5 a_g \gamma_I S \eta \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

حيث :

$S_e(T)$	طيف التجاوب الأفقى المرن لزمن الرجوع القياسى
T	الزمن الدورى لنظام تزددي احدى
a_g	العجلة الأرضية التصميمية لزمن رجوع قياسى (٤٧٥ سنة لمبنى ذى معامل أهمية واحد) (جدول ٢-٨)
T_B, T_C	حدود القيم الثابتة لطيف التجاوب المرن (جدول ٣-٨)
γ_I	معامل الأهمية للمنشأ (جدول ٩-٨)
T_D	القيمة المحددة لبداية الحركة الثابتة للطيف (جدول ٣-٨)
η	معامل اضمحلال تصحيحى لطيف التجاوب الأفقى (جدول ٤-٨)
S	معامل التربة (جدول ٣-٨)

جدول رقم (٣-٨) قيم المعاملات T_B , T_C , T_D And S

(أ) : النوع الثانى من منحنى طيف التجاوب (I) Type

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2

(ب) : النوع الثانى من منحنى طيف التجاوب (2) Type

Subsoil Class	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

جدول (٨ - ٤) قيم معامل الاضمحلال التصحيحي η_v ، η

η	η_v	نوع المنشأ
١,٢	١	صلب ذو وصلات ملحومة
١,٠٥	٠,٧٥	صلب ذو وصلات بمسامير البرشام أو وصلات بمسامير القلاووظ
١,٠١	٠,٧	خرسانة مسلحة
١,٠٥	٠,٧٥	خرسانة سابقة الاجهاد
٠,٩٥	٠,٦٥	حوائط من المباني المسلحة

كما يتوقف سلوك التربة أثناء الزلازل على نوعية التربة و التى يمكن تصنيفها الى خمسة أنواع كما بالجدول رقم (٨ - ١)

جدول رقم (٨-١) تصنيف طبقات التربة أسفل الأساسات

تصنيف التربة	وصف القطاع الطولي للتربة	N spt عدد النقرات لكل ٣٠ سم	مقاومة التماسك Cu من اختبار الضغط غير المحاط (كن/م ^٢)	سرعة موجات القص VS,30 (متر/ثانية)
A	صخر او تكوينات تشبه الصخر ، يحتوى على طبقة سطحية ضعيفة يكون سمكها على الأكثر ٥ متر	-	-	٨٠٠ <
B	ترسيبات يمتد سمكها لعشرات الأمتار مكونة من (رمل - زلط) كثيف ، او طين ، او مقاومة تماسك الموضحة بالجدول و تزيد الخواص الميكانيكية مع العمق	٥٠ <	٢٥٠ <	٨٠٠ - ٣٦٠
C	تربة عميقة من تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) متوسط الى كثيف او طين ذو مقاومة تماسك كما	٥٠-١٥	٢٥٠-٧٠	٣٦٠ - ١٨٠

سرعة موجات القص VS,30 (متر/ثانية)	مقاومة التماسك Cu من اختبار الضغط غير المحاط (كل/م ²)	N spt عدد الدقات لكل ٣٠ سم	وصف القطاع الطولي للتربة	تصنيف التربة
			بالجدول يتراوح سمكها من عشرات الى مئات الامتار .	
١٨٠ >	٧٠ >	١٥ >	تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) - سائبة الى متوسطة "طينية او طميية" او يكون السائد تربة متماسكة ذو مقاومة تماسك كما بالجدول .	D
---	---	---	يتكون قطاع التربة من طبقة سطحية من الترسيبات النهرية Vs لها مثل او D سمكها متغير من ٥ - ٢٠ متر و اسفلها مادة اقوى	E

طرق حساب احمال الزلازل

- ١- الطريقة الأساسية لحساب تأثير احمال الزلازل هي طريقة طيف التجاوب باستخدام طيف التجاوب التصميمي في حالة توافر الشروط له
- ٢- يمكن استخدام إحدى الطرق التالية في التحليل وذلك طبقاً للطبيعة الإنشائية للمبنى لحساب الأحمال و ذلك تبعا للطبيعة الانشائية للمبنى :
 - أ- طريقة طيف التجاوب المبسطة (طريقة الحمل الاستاتيكي المكافئ) وتستخدم في حالة المنشآت التي تحقق الشروط الواردة فيما يلي.
 - ب- طريقة طيف التجاوب المركب والتي يمكن أن تطبق على جميع أنواع المنشآت
- ٣- يمكن استخدام طرق بديلة كطريقة التحليل الديناميكي الزمني (Time History Analysis)
طريقة طريقة طيف التجاوب المبسطة (الحمل الاستاتيكي المكافئ) يتم تطبيق هذه الطريقة على المنشآت التي يمكن تمثيلها بنموذجين مستويين ومتعامدين والتي تتأثر استجابتها الديناميكية أساسا بموجات الاهتزاز الأساسية للمنشأ في كل مستوى .
و يجب ان تحقق المنشآت ما يلي :
 - أ- اشتراط الانتظام في المسقطين الأفقي والرأسي أن يكون للمنشأ زمن طول موجي أساسي T_1 في كل الاتجاهات أقل من أو يساوي القيم التالية :

$$T_1 \leq \text{or} \begin{matrix} 4.0 T_c \\ 2.0 \text{ Seconds} \end{matrix}$$

و يتم حساب القيمة T_1 للمنشآت ذات الارتفاع حتى (٦٠.٠) متر ، بطريقة تقريبية من المعادلة :

$$T_1 = C_t H^{3/4}$$

حيث :

T_1 زمن الطول الموجي الأساسى للمنشأ بالثوانى

C_t معامل يتوقف على النظام الإنشائى ومادة الانشاء تبعاً لما يلى :

٠.٠٨٥ للاطارات الحديدية الفراغية المقاومة للعزوم

٠.٠٧٥ للاطارات الفراغية الخرسانية والاطارات المعدنية ذات المشكلات

المحورية لمقاومة للعزوم

٠.٠٥٠ لكافة المنشآت الأخرى

H ارتفاع المنشأ بالمتر مقاساً من منسوب ظهر الأساسات

محددات الانتظام فى المسقط الأفقى

١- يجب ان يكون المنشأ متماثلاً تقريباً فى المسقط الأفقى حول محورين أفقيين

متعامدين وذلك بالنسبة لتوزيع الكتل والجساءات العرضية .

٢- أن يكون شكل المسقط الأفقى منتظماً بقدر الإمكان (وفى حالة وجود ردود

أو نتوء فيجب أن لا تزيد مساحة الجزء الذى به الردود أو النتوء عن ٥% من مساحة الدور)

٣- أن تكون جساءه البلاطة فى مستوى الدور أعلى كثيرا من الجساءات الجانبية للعناصر الإنشائية الرأسية (الأعمدة) وبالتالي يكون لتشكيلات البلاطة أقل تأثير ممكن على توزيع الأحمال على العناصر الإنشائية الرأسية.

٤- يجب ان لا تزيد نسبة استطالة المنشأ فى المسقط الأفقى (LX / LY) عن ٤.٠٠ .

٥- يجب ان لا تزيد المسافة بين مركز الكتلة ومركز الجساءه (e_0) فى أى دور ولكل اتجاه تحليل (اتجاه المحورين X, Y) عن ١٥% من البعد الكلى للمنشأ فى المسقط الأفقى فى الاتجاه المتعامد مع اتجاه القوى العرضية .

محددات الانتظام فى المسقط الرأسى

١- يجب المحافظة على استمرارية العناصر والأنظمة الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية مثل : الحوائط الخرسانية والإطارات وذلك من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشأ او حتى منسوب الردود أو النتوء .

٢- يجب المحافظة على ثبات الجساء الأفقية والكتلة لكل دور أو تخفيضها تدريجياً من منسوب الأساسات وحتى أعلى المنشأ بذون أية تغييرات فجائية مع مراعاة الأتى:

أ- الجساء الأفقيه لأى من الأدوار يجب ألا تقل عن ٧٥% من جساء الدور السابق له.

ب- توزيع كتلة المنشأ خلال المسقط الرأسى يجب أن يكون منتظما مع مراعاة عدم حدوث تغير فى الكتله من دور الى الذى يليه عن + ٥٠% .

٣- فى المنشآت ذات الأطارات يجب ألا يحدث تغير فجائى فى النسبة بين المقاومة الفعلية والمقاومة المطلوبة للأدوار المتتالية . وفى هذا المجال

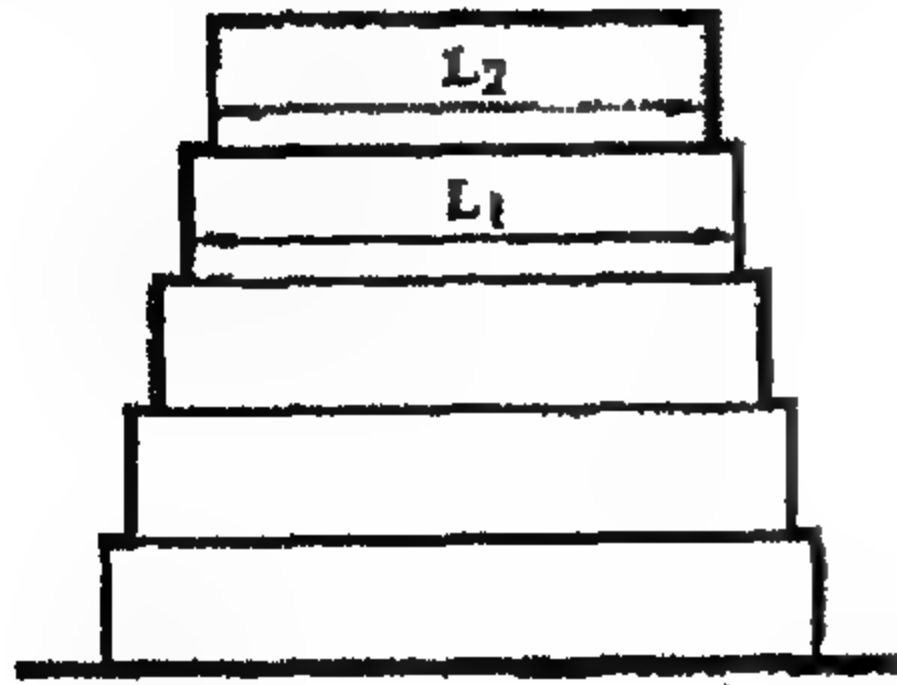
يمكن مراعاة تأثير حوائط المباني المائلة للأطارات الخرسانية طبقاً للكود الخاص بالمباني .

٤- في حالة وجود ردود ، يجب مراعاة الاحتياطات الإضافية الآتية :

أ- في حالة الردود المنتظم (التدرجى) والمحافظة على التماثل حول محور واحد على الأقل يجب ألا يتعدى الردود ٢٠ % من البعد الكلى للدور السابق فى اتجاه الردود (أنظر الشكل ٨-٣ أ ، ٨-٣ ب) .

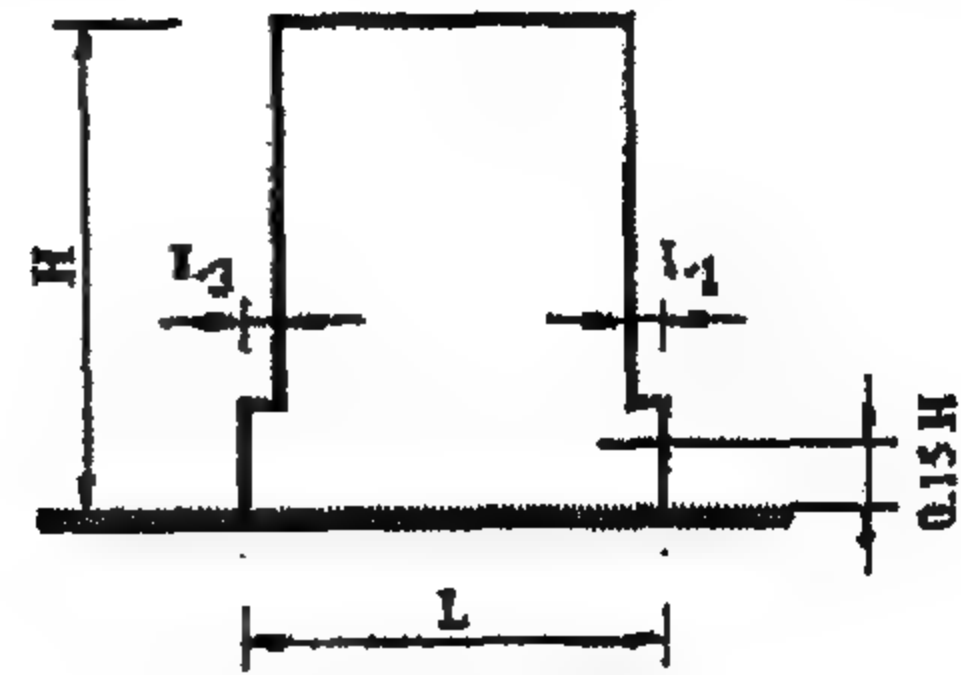
ب- فى حالة وجود ردود يحدث مرة واحدة فقط ويكون عند ارتفاع من أسفل لا يزيد عن ١٥ % من الارتفاع الكلى للمبنى ، يجب ألا يتعدى هذا الردود نسبة ٥٠ % من البعد الكلى للدور أسفل الردود (أنظر شكل ٨-٣ ج) . ويجب فى هذه الحالة تصميم الجزء السفلى من المنشأ الواقع مباشرة تحت مساحة أدوار الردود ليقاوم قوة قص أفقية لا تقل عن ٧٥ % من قيمة قوة القص الأفقية لمبنى مماثل فى الارتفاع الكلى ومماثل فى المسقط الأفقى لأدوار الردود بكامل الارتفاع (بدون وجود أية أدوار ردود) .

ج- وفى حالة أن الردود لا يحقق التماثل ، يجب ألا يزيد مجموع الردود فى كل اتجاه فى جميع الأدوار عن ٣٠ % من بعد المسقط الأفقى عند الدور الأول كما يجب ألا يزيد الردود فى كل دور عن ١٠ % من بعد الدور السابق له فى كل اتجاه (أنظر شكل ٨-٣ د) .



$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0.20$$

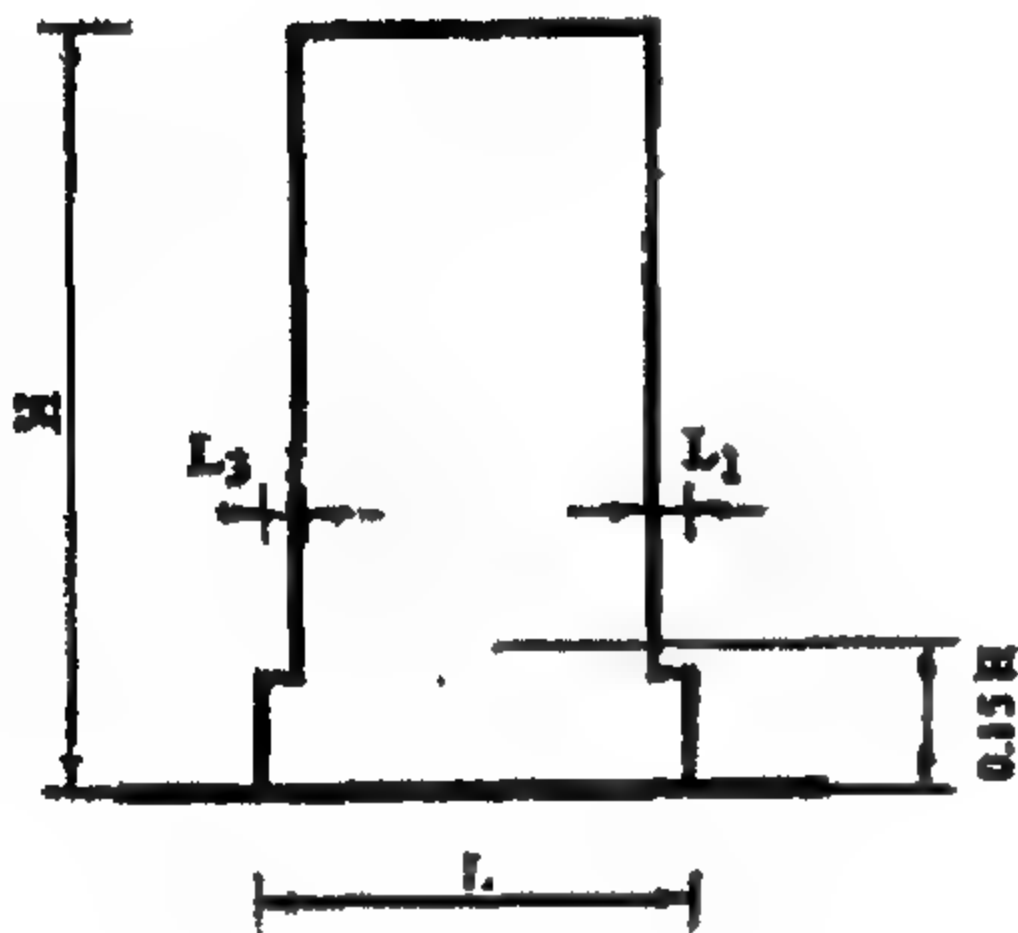
(أ)



$$\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0.20$$

الردود يبدأ من ارتفاع يزيد على
١٥ ٪ من الارتفاع الكلى للمبنى

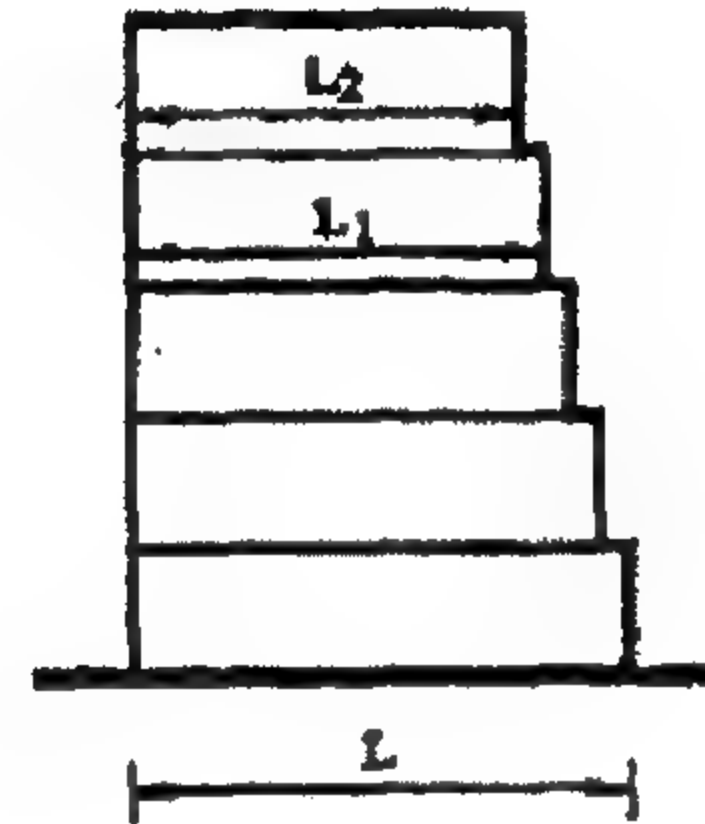
(ب)



$$\frac{L_3 + L_1}{L} \leq 0.50$$

الردود يبدأ من ارتفاع أقل من
١٥ ٪ من الارتفاع الكلى للمبنى

(ج)



$$\frac{L - L_2}{L} \leq 0.30$$

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0.10$$

(د)

شكل رقم (٨-٣) محددات الانتظام للمباني التى بها ردود فى المسقط الرأسى

قوة القص الأساسية القصوى الناتجة عن الزلازل

Ultimate Base Shear Force

تُحسب قوة القص الأساسية F_b (المؤثرة عند منسوب ظهر الأساسات) لكل اتجاه أساسى كالتالى :

$$F_b = S_d(T_1) \cdot \lambda \cdot W / g$$

$S_d(T_1)$ إحداثى الطيف التصميمى للتحليل الإنشائى المرن عند زمن طول موجى (T_1)

T_1 زمن الطول الموجى الأساسى للمنشأ فى اتجاه التحليل
 W الوزن الكلى للمنشأ فوق منسوب ظهر الأساسات
 λ معامل تصحيح وتحدد قيمته طبقاً للآتى :

وعدد أدوار المنشأ أكثر من دورين

$$\begin{aligned} \lambda &= 0.85 \quad \text{if} \quad T_1 \leq 2 T_c \\ \text{or} \\ \lambda &= 1.0 \quad \text{if} \quad T_1 > 2 T_c \end{aligned}$$

جدول (٧-٨) نسبة الحمل الحي (ψ_{Ei})

(ψ_{Ei})	توصيف المنشأ
1.0	* الصوامع * خزانات المياه * المنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة متصلة (المكتبات - المخازن الرئيسية - جراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأوتوبيسات... الخ)
0.5	* المنشآت والمباني العامة مثل : المخازن غير الرئيسية - الاسواق التجارية - المدارس - المستشفيات - المسارح - جراجات السيارات المأوى... الخ
0.25	المنشآت السكنية

طيف التجاوب التصميمي الأفقى للتحليل الإنشائي المرن

يمكن تصميم المنشأ على أحمال زلزالية تقل عما هو مقدر من طيف التجاوب المرن نتيجة لقدرة النظام الإنشائي على مقاومة قوى الزلازل فى الحدود اللدنة (بعد مرحلة الليونة) .

١- تتحدد قيمة طيف التجاوب التصميمي $S_d(T)$ لزمن عودة قياسى بواسطة المعادلات التالية:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \gamma_I S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5\eta}{R} - \frac{2}{3} \right) \right],$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \eta,$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \left[\frac{T_C}{T} \right] \eta,$$

$$\geq [0.20] a_g \gamma_I$$

$$T_D \leq T \leq 4 \text{ sec} : S_d(T) = a_g \gamma_I S \frac{2.5}{R} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \eta$$

$$\geq [0.20] a_g \gamma_I$$

حيث

$S_d(T)$	طيف التجاوب التصميمي للتحليل الإنشائي المرن
a_g	العجلة الأرضية التصميمية لزمن عودة قياسي
γ_I	معامل الأهمية للمنشأ
R	معامل تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) تبعاً للنظام الإنشائي للمبنى (طبقاً للجدول (أ) من الملحق (أ-٨))

٢ - قيمة المعاملات S, T_C, T_D, T_B موضحة بالجدول (٨-٣).

جدول (أ) معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى)

Response Modification (Force Reduction) Factors R

معاملات تعديل ردود الأفعال (تخفيض القوى) محددة كنسبة القوى المرنة إلى القوى اللدنة المتولدة في المنشأ .

R	نظام مقاومة الأحمال الأفقية	النظام الإنشائي
٤.٥٠	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة	* حوائط حاملة : أغلب الحمل الرأسى ينتقل عن طريق الحوائط الحاملة والإعتماد على حوائط القص فى مقاومة القوة العرضية الكلية
٣.٥٠	(ب) حوائط قص من المبانى المسلحة	
٢.٠٠	(ج) حوائط قص من المبانى غير المسلحة	
٥.٠٠	(أ) حوائط قص من الخرسانة المسلحة	* إطارات فراغية بسيطة : الحمل الرأسى ينتقل عن طريق عناصر الإطار والإعتماد على حوائط القص أو إطارات مزودة بشكالات فى مقاومة القوة العرضية الكلية
٤.٥٠	(ب) حوائط قص من المبانى المسلحة	
٤.٥٠	(ج) إطارات مزودة بشكالات	
٧.٠٠	منشآت (معدنية-خرسانية مسلحة- مركبة):	* إطارات فراغية مقاومة للعزوم : الحمل الرأسى والقوة العرضية الكلية الناتجة عن الزلازل تنتقل بالكامل عن طريق عناصر الإطار بدون إستخدام حوائط القص أو شكالات
٥.٠٠	(أ) إطارات ذات ممطولية كافية	
٥.٠٠	(ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	
٦.٠٠	منشآت (معدنية-خرسانية مسلحة- مركبة):	* نظام مركب من إطارات فراغية مقاومة للعزوم وحوائط القص (أو إطارات مزودة بشكالات) ويتم تصميم النظام طبقا لما يلى :
٥.٠٠	(أ) إطارات ذات ممطولية كافية	١- الإطارات أو حوائط القص (أو الإطارات المزودة بشكالات) تقاوم
٥.٠٠	(ب) إطارات ذات ممطولية محدودة	

R	نظام مقاومة الأحمال الأفقية	النظام الإنشائي
		<p>مشاركة بينها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجسائتها النسبية .</p> <p>٢- حوائط القص : (أو إطارات مزودة بشكالات) تقاوم بمفردها القوة العرضية الكلية وذلك طبقاً لجسائتها النسبية .</p> <p>٣- الإطارات المقاومة للعزوم تقاوم بمفردها ٢٥ % من القوة العرضية الكلية .</p>
٣.٠٠	(أ) الأبراج الشبكية	* المنشآت الأخرى :
٣.٥٠	(ب) المآذن والمداخل والصوامع	

- * تؤخذ قيم حالة الممتطولية الكافية في الإطارات المقاومة للعزوم ، إذا روعى في التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل لدنه في أماكن الوصلات ، بحيث يمكن افتراض تشكيل آلية لدنه مستقرة .
- ** يجب الأخذ في الاعتبار العزوم الناشئة على أعمدة المبنى نتيجة الإزاحات النسبية للأدوار أو أن يراعى في التصميم والتفاصيل الإنشائية إمكانية تكوين مفاصل في أماكن الوصلات ، بحيث يمكن افتراض تشكيل آلية لدنه مستقرة .
- عندما يكون التشكل الديناميكي الأساسي ممثلاً بطريقة تقريبية بحركة أفقية متزايدة خطياً مع الارتفاع ، فإن القوى الأفقية F_i يتم حسابها من المعادلة التالية :

$$F_i = \left[\frac{u_i W_i}{\sum_{j=1,n} u_j W_j} \right] F_b \quad (8-17)$$

حيث :

- F_i القوة الأفقية المؤثرة على الدور i
 F_b قوى القص الأساسية على المنشأ الناتجة عن الزلازل وطبقاً للمعادلة (٨-١٦)
 u_i, u_j إزاحة للكتل m_i, m_j في التشكل الأساسي للمنشأ
 W_i, W_j أوزان الكتل m_i, m_j والمحسوبة طبقاً للبند (٨-٧-١) الفقرة (٤)
 n عدد الأدوار فوق منسوب الأساسات

و توزع القوى الأفقية F_i على عناصر مقاومة الأحمال الأفقية حسب جساءتها الفعلية باعتبار أن بلاطات الأدوار متناهية الجساءة .

مثال لحساب أحمال الزلازل لعمارة سكنية من الخرسانة المسلحة

النموذج هو مبنى من الخرسانة المسلحة بأبعاد ٢٠ * ١٢ متر مكون من دور أرضي و أحد عشر دور متكرر، ارتفاع الدور الأرضي ٤ م والمتكرر ٣ م وتتكون العناصر الإنشائية للمبنى من أعمدة و كمرات وأسقف من الخرسانة المسلحة بسمك ٢٠ سم و يتم مقاومة الأحمال الجانبية عن طريق حوائط قص من الخرسانة المسلحة.

بفرض أن نوعية التربة (C) تربة غير متماسكة (زلط ، رمل) - كثيفة أو متوسطة الكثافة أو تربة متماسكة (طمي وطين) $S=1.5$

و بفرض أن المنشأ يقع في المنطقة الثالثة فتكون العجلة الأفقية تساوى $a_g = 0.15 g$

Type (1)

$$S = 1.5 \quad T_B = 0.1 \quad T_C = 0.25 \quad T_D = 1.2$$

W Floor = 290 t

(حمل المنشأ يساوى الحمل الدائم مضافا اليه ٠.٢٥ من الحمل الحى)

$$WT = 290 \times 12 = 3480$$

$$T_1 = C_t (H)^{3/4}$$

$$= T_1 < 4T_c \quad \text{where} \quad T_1 = 0.05 (H)^{3/4} = 0.75$$

sec

$$< 2 \text{ sec.}$$

$$< 4 \times 0.25 = 1.0 \text{ sec.}$$

$$T_c (0.25) \leq T_1 (0.75) \leq T_D (1.20)$$

$$S_b (T_1) = 0.15g \times 1.0 \times \frac{2.5}{4.5} \left(\frac{0.25}{0.75} \right) \times 1.0 \geq 0.2 \text{ ag}$$

$$= 0.027 \text{ g, taken } 0.03g$$

$$F_b = S_d (T_1) \cdot \lambda W / g$$

$$= 1.0 \times 0.03 \text{ g} \times 1.0 \times 3480 / g$$

$$= 104.4 \text{ t}$$

ملحق (٢)

**الاشتراطات الخاصة بالعناصر الخرسانية لمقاومة
أحمال الزلازل (الكود المصرى لتصميم وتنفيذ
المنشآت الخرسانية)**

٦-٧-٤ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل

٦-٧-٤-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق

٦-٧-٤-١-١ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الأعمدة والحوائط الخرسانية المسلحة داخل القواعد أو أساسات اللبشة أو هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الأعمدة أو الحوائط بالأساسات ويجب أن تمتد أسياخ التسليح إلى صلب التسليح السفلى للقواعد مع عمل رجل بزاوية قائمة.

٦-٧-٤-٢ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الخوازيق داخل هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الخوازيق بالهامات.

٦-٧-٤-٣ فى القواعد أو فى هامات الخوازيق التى تتركز عليها أعمدة قد تتعرض لقوى شد نتيجة الزلازل يجب وضع تسليح علوى لمقاومة عزوم الانحناء للقوى الناتجة.

٦-٧-٤-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة

٦-٧-٤-٢-١ تصمم الميد على أساس أنها جزء من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل بحيث تفى باشتراطات البند (٦-٨) ، ويجب أن يُذكر على الرسومات الإنشائية ويتم التصميم على أساس أنها شدادات ربط للأساسات. ويجب أن يمتد صلب التسليح على كامل طول الميدة مع

ضرورة أن يمتد إلى مسافة بعد محور العمود لا تقل عن طول التماسك.

يسرى البند (٦-٧-٤-٢-١) على البلاطات المرتكزة على التربة في حالة اعتبارها جزءاً من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل.

يجب ألا يقل البعد الأصغر للميدة عن (٢٠/١) البحر الخالص لها ولا يلزم أن يزيد على ٤٥٠ مم بشرط أن تقى بحد النخافة المذكور بالبند (٦-٣-١-٨).

٦-٨ الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل

٦-٨-١ عام

يتضمن هذا البند الاشتراطات الخاصة لتصميم العناصر الإنشائية التي تقاوم القوى التصميمية للزلازل والتي يتم تحديدها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود رقم ٢٠١) .

٦-٨-١-١ تعريف العناصر الإنشائية

- الكمرة (Beam) : هى عنصر إنشائى معرض أساساً لعزوم انحناء والتي لا تزيد فيها قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04 A_g f_{cu}$.
- العمود (Column) : هو عنصر إنشائى معرض لقوى محورية وعزوم انحناء وتزيد فيه قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04 A_g f_{cu}$.

- الإطارات (Frames) : هي المنشأ الفراغي الذي تقاوم عناصره من كمرات وأعمدة ووصلات عزوم الانحناء والقص والقوى المحورية، ويحدد البند (٦-٢-٨) اشتراطات الإطارات محدودة الممتطولية وعالية الممتطولية.
- حوائط القص (Shear walls) : هي عناصر إنشائية تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتزيد النسبة بين طول مقطعها إلى عرضها على ٥ وتنقسم إلى :
 - حوائط ذات ممتطولية (Ductile shear walls) : وهي حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة عند منسوب الأساسات شكل (٦-٣٦) وتكون نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ أكبر من أو تساوي ٢ ولها القدرة على تشتيت الطاقة عن طريق تكوين مفصلة لدنة في منطقة عزوم الانحناء القصوى.
 - حوائط قصيرة (Low-rise shear walls) : وهي حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة في منسوب الأساسات (شكل ٦-٣٦) وتقل نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ عن ٢ وليس لها القدرة على تشتيت الطاقة حيث أن تشكلاتها غير المرنة محدودة والتشكلات الرئيسية ناتجة عن قص الانزلاق.
 - الحوائط المرتبطة (Coupled shear walls) : هي عناصر إنشائية مكونة من حوائط ذات فتحات (حائطين أو أكثر) متصلة بطريقة منتظمة عن طريق كمرات ذات ممتطولية كافية (كمرات ربط) قادرة على تقليل مجموع العزوم على الحوائط بنسبة لا تقل عن ٢٥% من مجموع العزوم للحوائط المنفصلة.

٦-٨-١-٢ النظم الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل

- نظام الحوائط (Wall system) : وهو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية من الحوائط الخرسانية المسلحة - سواء كانت مرتبطة أو غير مرتبطة - بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثي مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل.
- نظام إطارات (Frame system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية إطارات فراغية، بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثي مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل.
- نظام ثنائي (Dual system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الرأسية أساساً إطارات فراغية، بينما تساهم كل من الإطارات الفراغية والحوائط في مقاومة الأحمال الجانبية، وينقسم إلى نوعين أساسيين:
 - نظام ثنائي مكافئ للإطارات : هو نظام ثنائي تكون فيه مقاومة القص للإطارات أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل عند الأساسات (Base shear).
 - نظام ثنائي مكافئ للحوائط : هو نظام ثنائي تكون فيه مقاومة القص للحوائط أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل عند الأساسات (Base shear).

٦-٨-١-٣ مفاهيم التصميم

- أ - يجب أن يوفر تصميم المنشآت الخرسانية لمقاومة الزلازل قدرأ كافياً من القدرة على تشتيت الطاقة بدون خفض كبير في المقاومة الكلية للأحمال

الأفقية والرأسية ، ومن أجل ذلك يجب الالتزام بالاشتراطات الموضحة في البندين (٢-٨-٦) ، (٣-٨-٦).

ب - يتم تحليل وتصميم المنشأ الخرساني وإعداد التفاصيل الإنشائية وفقاً للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود، بما فيها البندين (٢-٨-٦) ، (٣-٨-٦)، ويتم التصميم على أساس حدوث فقدان للطاقة وتأكد السلوك المطيل وبحيث يسبق الانهيار المطيل الناتج عن تأثير عزم الانحناء الانهيار القصف الناتج عن تأثير القص.

ج- تنقسم الممتطولية إلى درجتين أساسيتين ، طبقاً لقدرة المنشأ على تشتيت الطاقة تحت تأثير حمل ترددي وهما : ممتطولية محدودة وممتطولية كافية ، وكلاهما يناظر منشأ تم تصميمه وعمل تفاصيله طبقاً لاشتراطات محددة لمقاومة الزلازل توفر للمنشأ آلية لدنة مستقرة تسمح بتشتيت الطاقة تحت تأثير الأحمال الترددية بدون حدوث انهيار قصف.

د - تتحدد درجة الممتطولية لعناصر المنشأ (محدودة أو كافية) باتباع الاشتراطات الموضحة في البندين (٢-٨-٦) ، (٣-٨-٦) للإطارات والحوائط على التوالي.

هـ - يتم تحقيق الممتطولية الكافية للمنشأ عن طريق عمل التفاصيل الموضحة بهذا الباب والتي تسمح بالتشكلات اللاخطية في المناطق الحرجة التي يحدث بها تشتيت للطاقة (Dissipative zone) والمعرفة في البند (و) التالي.

و - منطقة حرجة - منطقة مشتتة للطاقة (Critical region or dissipative zone) : هي منطقة في عنصر رئيسي مقاوم للزلازل تتعرض لأسوأ حالة تحميل (عزوم، حمل محوري، قص، لى) والتي من الممكن حدوث مفصلة لدنة بها (Plastic hinge) نتيجة التشكلات غير المرنة الناتجة عن عزوم

الانحناء. ويتم تحديد طول المنطقة الحرجة لكل نوع من العناصر الرئيسية المقاومة للزلازل طبقاً لما يلي:

- فى الكمرات: هى مسافة تساوى ضعف عمق الكمرة مقاساً من وجه الركيزة (شكل ٦-٣٦).

- فى الأعمدة: هى مسافة تساوى L_a من وجه اتصال العمود مع الكمرة عند كل من طرفى العمود (شكل ٦-٣٦)، شكل (٧-٦-ب)، حيث L_a تساوى القيمة الأكبر من:

- سدس الارتفاع الصافى للعمود

- البعد الأكبر لقطاع العمود

- ٥٠٠ مم

- فى الحوائط ذات الممطولية: هى مسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من :

- سدس الارتفاع الكلى للحائط.

- طول الحائط.

بحيث لا تزيد على ضعف طول قطاع الحائط (شكل ٦-٣٦).

ز - يجب استيفاء الاشتراطات الخاصة بالفواصل الزلزالية والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وفقاً لمتطلبات الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود رقم ٢٠١) بالإضافة للاشتراطات الواردة بالبند (٩-٥-٩) من هذا الكود .

ح - اشتراطات خاصة بصلب التسليح ورتبة الخرسانة المستخدمة للعناصر المقاومة لأحمال الزلازل:

- لا يسمح باستخدام أسياخ الصلب الملساء فى التسليح الطولى ويشترط استخدام أسياخ الصلب ذات النتوءات سواء كانت من الصلب الطرى أو الصلب عالى المقاومة.
 - يراعى ألا تقل النسبة بين إجهاد الشد الأقصى وإجهاد الخضوع بأسياخ صلب التسليح المستخدمة عن ١.٢٥ .
 - يجب ألا تقل رتبة الخرسانة المستخدمة عن ٢٥ ن/مم^٢ .
 - ط - تؤخذ الجساءة الفعالة (عزم القصور الذاتى الفعال) لعناصر الأنظمة الإنشائية المقاومة للزلازل كما يلى :
- للأعمدة

$$I_{eff} = 0.70 I_g$$

$$I_{eff} = 0.35 I_g$$

لحوائط القص

$$I_{eff} = 0.50 I_g$$

للكرات (مع أخذ مشاركة البلاطات)

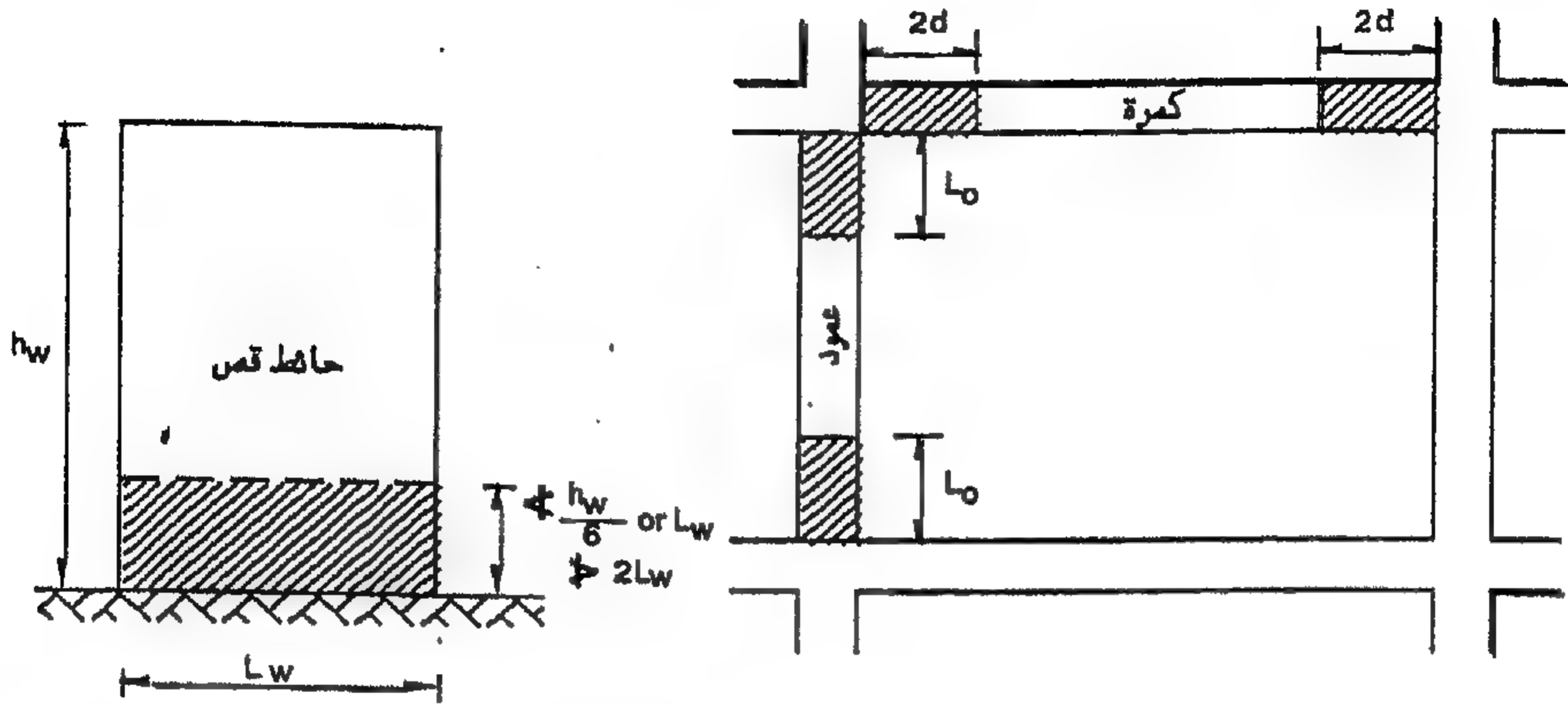
$$I_{eff} = 0.25 I_g$$

للبلطات المسطحة

حيث :

$$I_{eff} = \text{جساءة القطاع مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الشروخ}$$

$$I_g = \text{جساءة القطاع الذى ليس به شروخ}$$



شكل (٦ - ٣٦) حدود المناطق الحرجة بالكمرات والأعمدة والحوائط

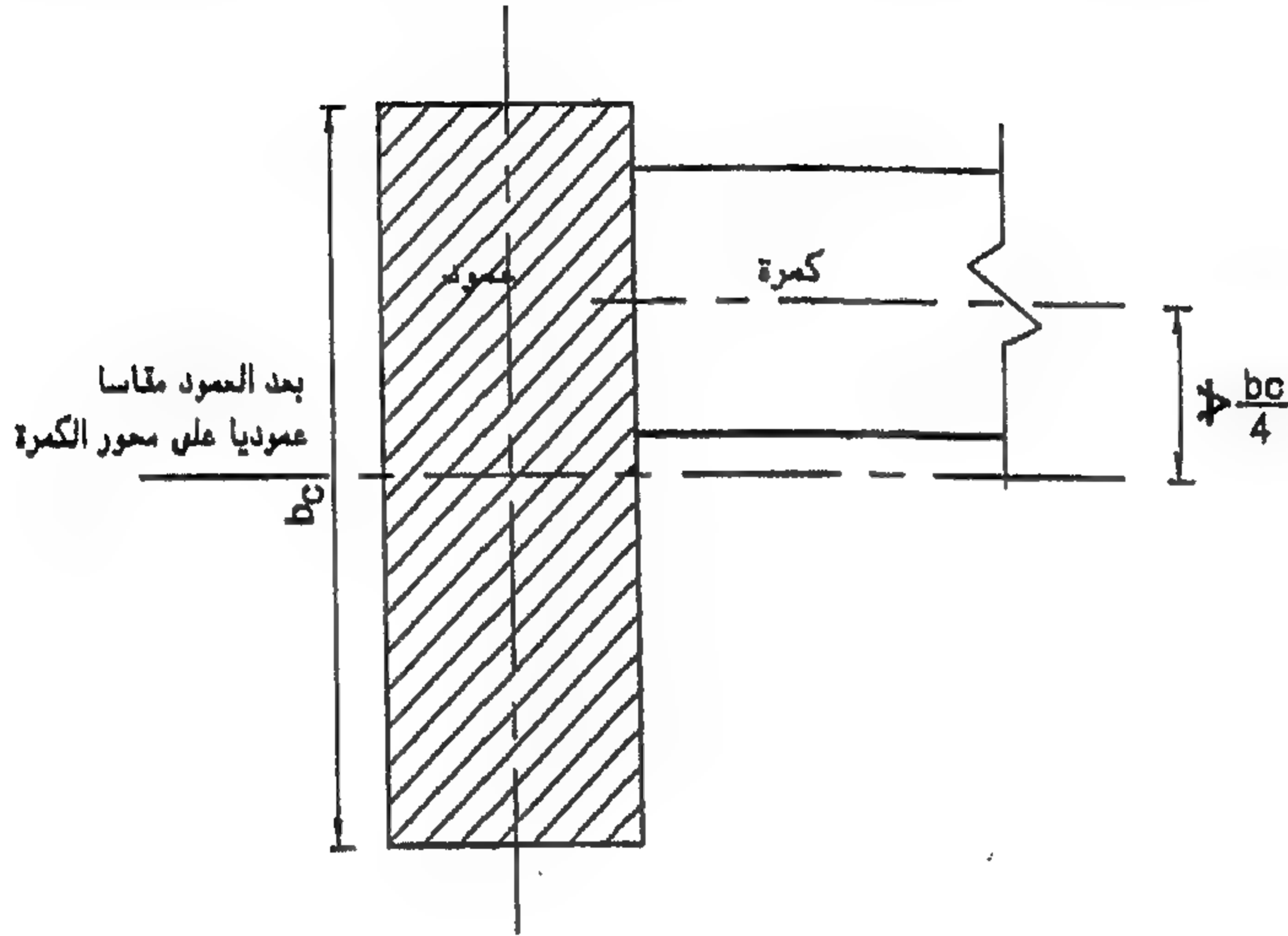
٢-٨-٦ اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل

١-٢-٨-٦ عام

- يشترط في الإطارات المقاومة للزلازل أن تحقق عناصرها ما يلي:
- أ - ألا تزيد المسافة بين محور الكمرة ومنتصف قطاع العمود في المسقط الأفقي على ربع بُعد العمود مقاساً في الاتجاه العمودي على محور الكمرة كما هو موضح بشكل (٦-٣٧).
- ب - ألا يزيد عرض الكمرة على الأقل من:
 - عرض العمود + عمق الكمرة.
 - ضعف عرض العمود.
- تنقسم الإطارات المقاومة للزلازل إلى إطارات ذات مبطولية محدودة وإطارات ذات مبطولية كافية طبقاً لتفاصيل صلب التسليح، ويتم تحديد معامل تعديل ردود الأفعال (R) لكل منها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال على المنشآت (كود رقم ٢٠١ وتعديلاته).

٦-٨-٢-٢ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

وتشتمل على اشتراطات للبلاطات المسطحة وكمرات وأعمدة الإطارات.



شكل (٦ - ٣٧) علاقة محور الكمر مع محور العمود

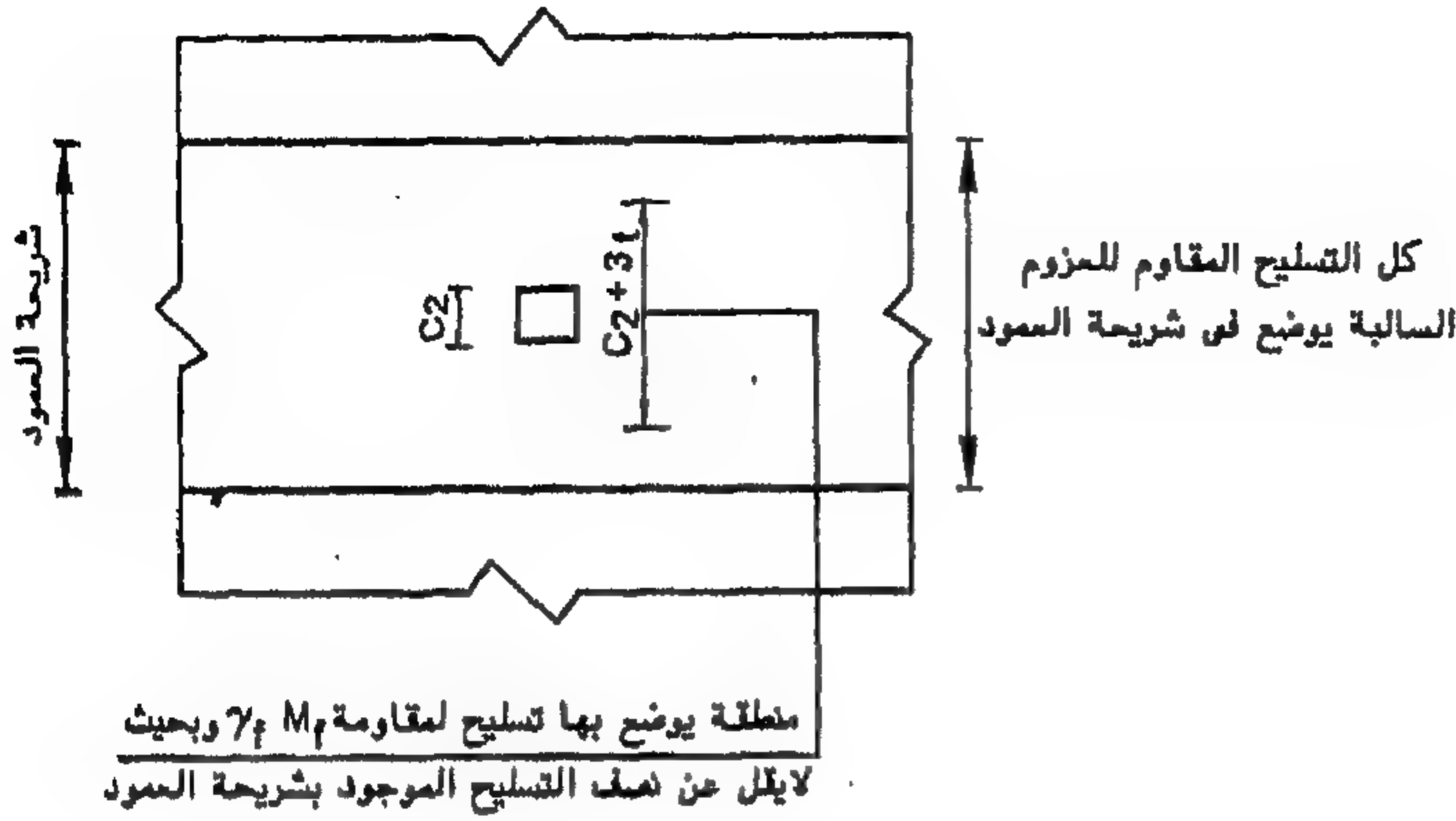
٦-٨-٢-٢-١ البلاطات المسطحة

أ - تقاوم جميع العزوم المنقولة من البلاطة إلى العمود بواسطة شريحة العمود فقط.

ب - تقاوم العزوم السالبة $\gamma_f M_f$ المبينة بالبند (٦-٢-٥-٨) بواسطة العرض الفعال للبلاطة $c_2 + 3t$ (شكل ٦-٣٨) حيث t هي سمك البلاطة.

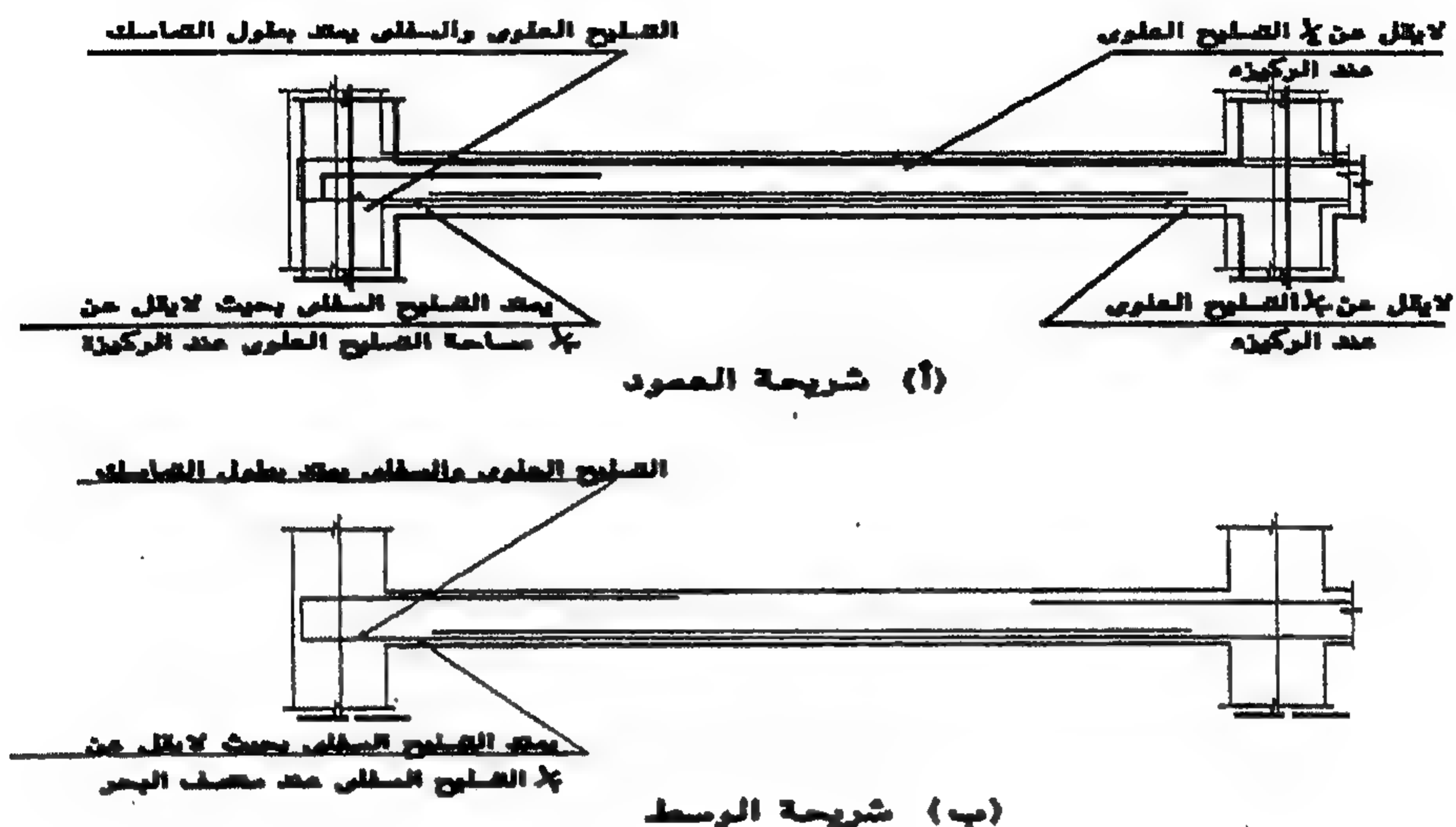
ج - يجب ألا يقل تسليح العرض الفعال عن نصف تسليح شريحة العمود .

د - يجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع التسليح العلوي لشريحة العمود على كامل طول البحر (شكل ٦-٣٩).



شكل (٦ - ٣٨) العرض الفعال في البلاطات المسطحة

- هـ- يجب أن يمتد ما لا يقل عن نصف التسليح السفلي لشريحة العمود والوسط بكامل طول البحر مع مراعاة استمرار التسليح داخل مناطق الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).
- و- يجب ألا يقل التسليح السفلي المستمر في شريحة العمود بكامل طول البحر عن ثلث قيمة التسليح العلوي لشريحة العمود عند مناطق الارتكاز.
- ز- عند الأطراف غير المستمرة للبلاطة يجب أن يمتد كل من التسليح العلوي والسفلي عند الركيزة الطرفية داخل منطقة الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).



شكل (٦ - ٣٩) ترتيب التسليح في البلاطات اللاكمرية

٦-٨-٢-٢-٢ كمرات الإطارات ذات الممتولية المحدودة

أ - يصمم قطاع الكمرة عند وجه الركيزة لمقاومة عزوم موجبة قصوى لا يقل مقدارها عن ثلث العزوم السالبة القصوى الناتجة من التحليل الإنشائي للمبنى.

ب - يجب ألا يقل مقدار مقاومة القطاع لكل من العزوم السالبة أو الموجبة عند أى قطاع فى الكمرة عن خمس قيمة أكبر عزم عند وجه أى من الركيزتين.

ج - توزع الكانات فى المناطق الحرجة بحيث لا تبعد أول كانة أكثر من ٥٠ سم من وجه الركيزة، ولا تزيد المسافة بين الكانات على الأقل من :
- ربع عمق الكمرة

- ثمانية أمثال قطر أصغر سبيخ طولى فى قطاع الكمرة.

- ٢٤ مرة قطر الكانة.

- ٢٠٠ مم

د - لا تزيد المسافة بين الكانات فى باقى طول الكمرة على نصف عمق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٨-٢-٣ أعمدة الإطارات ذات الم طولية المحدودة

أ - يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على S_0 وذلك فى المناطق الحرجة، حيث S_0 تساوى القيمة الأصغر مما يلى كما هو موضح بشكل (٦-٧-أ) :

- ثمانية أمثال قطر أصغر سبيخ تسليح بالعمود

- ٢٤ مثل قطر كانة العمود

- نصف أصغر بعد لقطاع العمود

- ١٥٠ مم

كما يجب وضع أول كانة على مسافة $S_0/2$ من وجه اتصال العمود مع الكمرة، ولا تزيد المسافة بين الكانات فى باقى ارتفاع العمود على ضعف S_0 وبحد أقصى ٢٠٠ مم.

ب - يجب أن يحتوى العمود على ثلاثة أسياخ طولية على الأقل فى كل وجه.

٦-٨-٢-٣ اشتراطات الإطارات ذات الم طولية الكافية

وتشتمل على اشتراطات كمرات وأعمدة الإطارات، ولايسمح باستخدام

البلاطات المسطحة كعنصر من عناصر الإطارات ذات الم طولية الكافية.

٦-٨-٢-٣-١ كمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية

تصمم الكمرات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٨-٢-٢-٢)

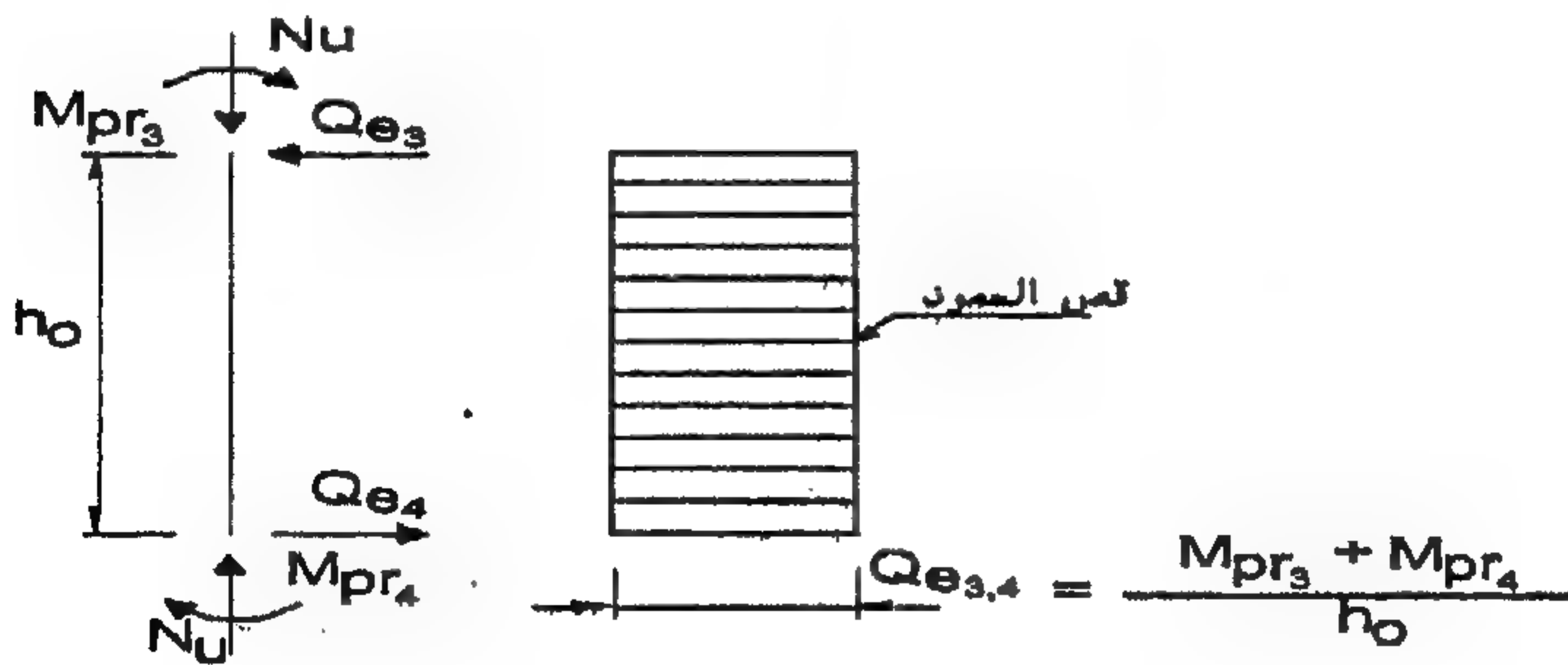
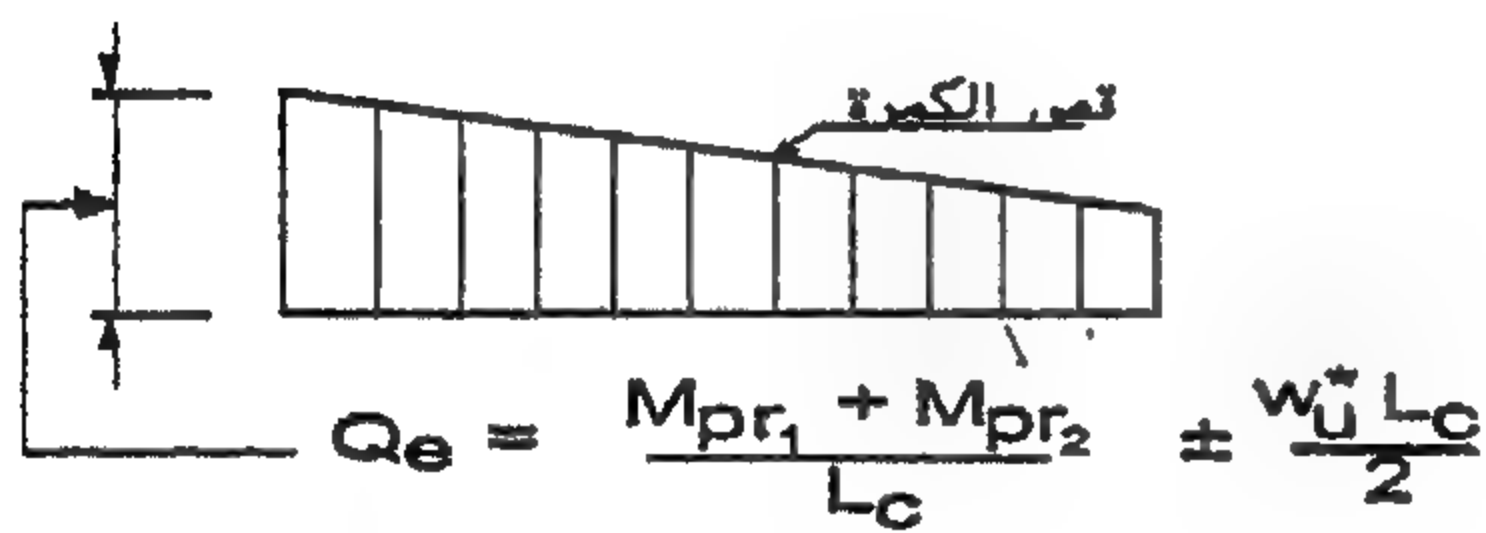
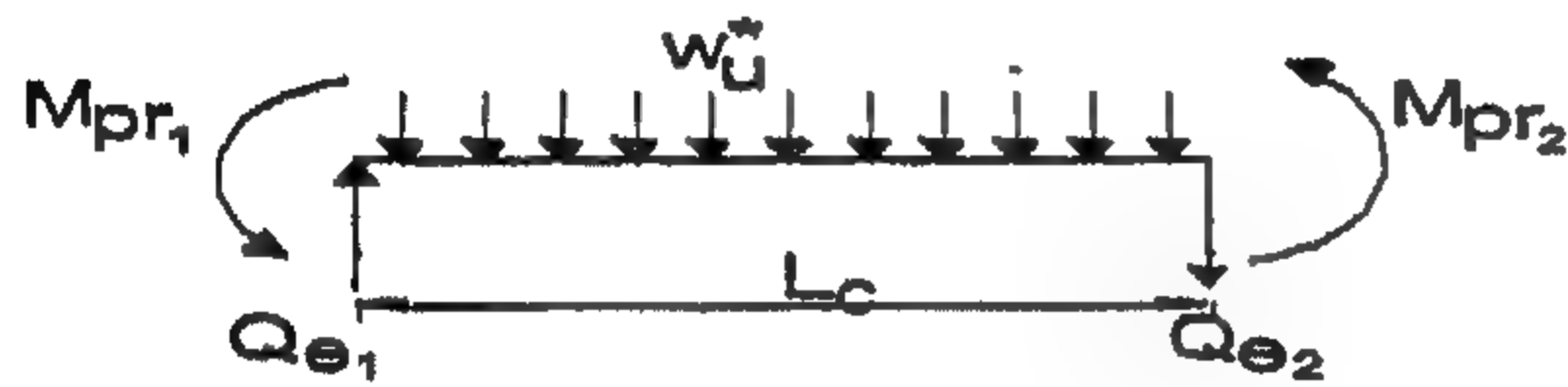
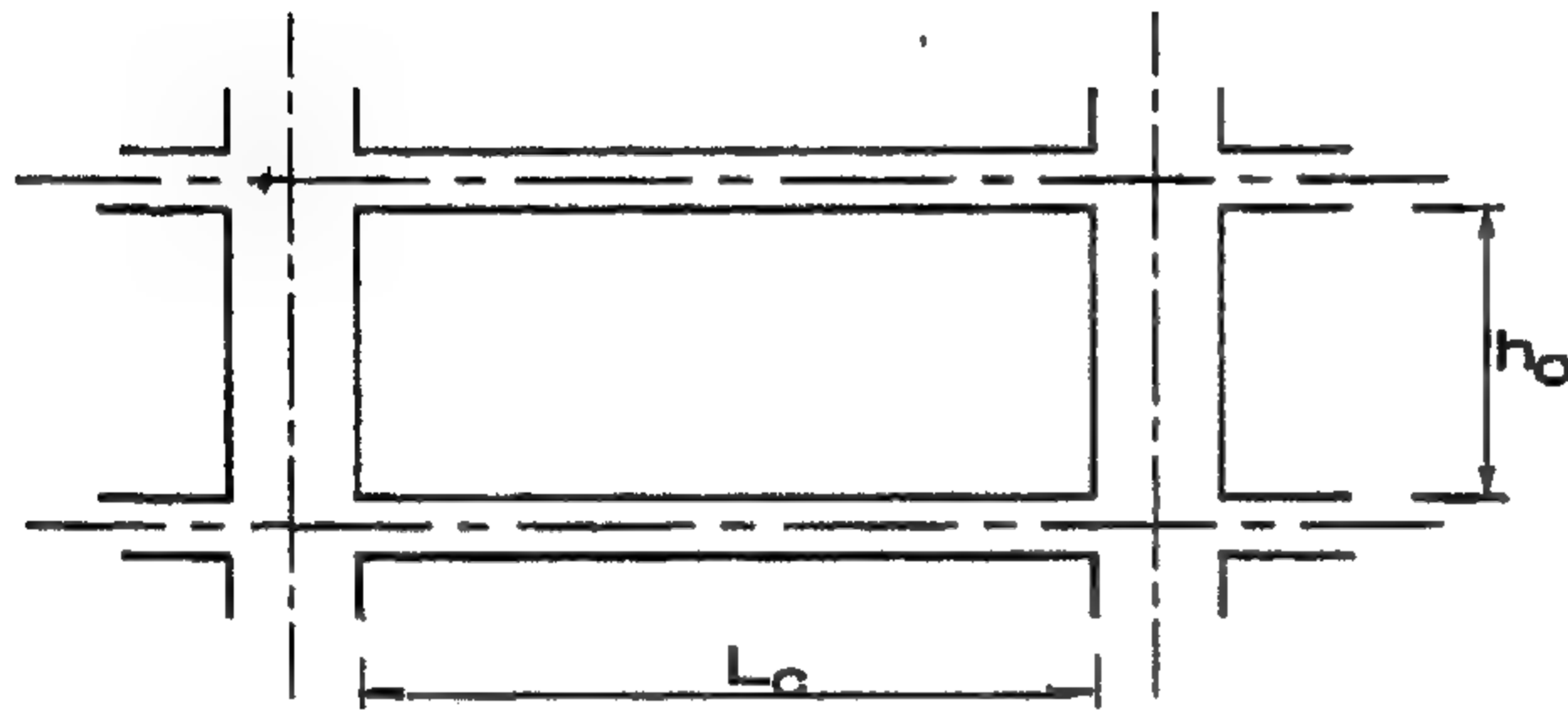
بالإضافة إلى ما يلي:

- أ - لا يقل عرض الكمرة عن ٠.٣٠ من عمقها وبحد أدنى ٢٥٠ مم.
- ب - لا تقل مقاومة القطاع للعزم الموجب عند وجه الركيزة عن ٥٠% من مقاومة القطاع للعزم السالب عند وجه نفس الركيزة، وفي جميع الأحوال يجب ألا تقل مقاومة القطاع للعزم (الموجب أو السالب) في بحر الكمرة عن ربع أكبر مقاومة مناظرة عند وجه الركيزة.
- ج - تصمم جميع وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد، مع توافر الاشتراطات التالية:
 - التسليح العرضي للكمرة في منطقة الوصلة يتكون من كانات مغلقة أو حلزونية.
 - لا تزيد المسافة بين الكانات في منطقة وصلة التراكب على ربع العمق الفعال للكمرة أو ١٠٠ مم أيهما أقل.
 - لا يسمح بعمل وصلة التراكب داخل منطقة اتصال الكمرة بالعمود، وكذلك في المناطق الحرجة.
- د - يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى بفرض تولد عزوم انحناء بإشارتين مختلفتين عند نهايتي الكمرة (شكل ٦-٤٠) مع أخذ تأثير الأحمال الرأسية المصاحبة للزلازل في الاعتبار. وتهمل مقاومة الخرسانة في القص عند حساب المقاومة القصوى للكمرات في المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كلياً على التسليح الجذعي في مقاومة قوى القص التصميمية.

٢-٣-٢-٨-٦ أعمدة الإطارات ذات الممطولية الكافية

تصمم أعمدة الإطارات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٢-٨-٦-٢-٢)

(٣-٢) بالإضافة إلى ما يلي:



w_u^* هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل في الاعتبار.
 M_{pr} هو العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة ويساوى ١.٢٥ العزم الأقصى الفعلى للقطاع على أساس معامل خفض مقاومة مناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

- شكل (٦ - ٤٠) حساب قوى القص التصميمية القصوى فى الكمرات والأعمدة
- أ - لا يقل أصغر بعد لقطاع العمود عن ٣٠٠ مم ويفضل ألا تقل نسبة البعد الأصغر إلى البعد الأكبر لقطاع العمود عن ٠.٤٠
- ب - يجب ألا يقل بعد قطاع العمود فى اتجاه طول الكمرة عن ٢٠ مثل قطر أكبر سيخ طولى ممتد من الكمرة عبر الوصلة.
- ج - إذا زادت قيمة الضغط المحورى فى العمود عن $0.04A_g f_{cu}$ ، يجب أن تحقق مقاومة العزوم القصوى لأعمدة الإطارات المتصلة بكمرات العلاقة التالية:

$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g \quad (6 - 61)$$

حيث:

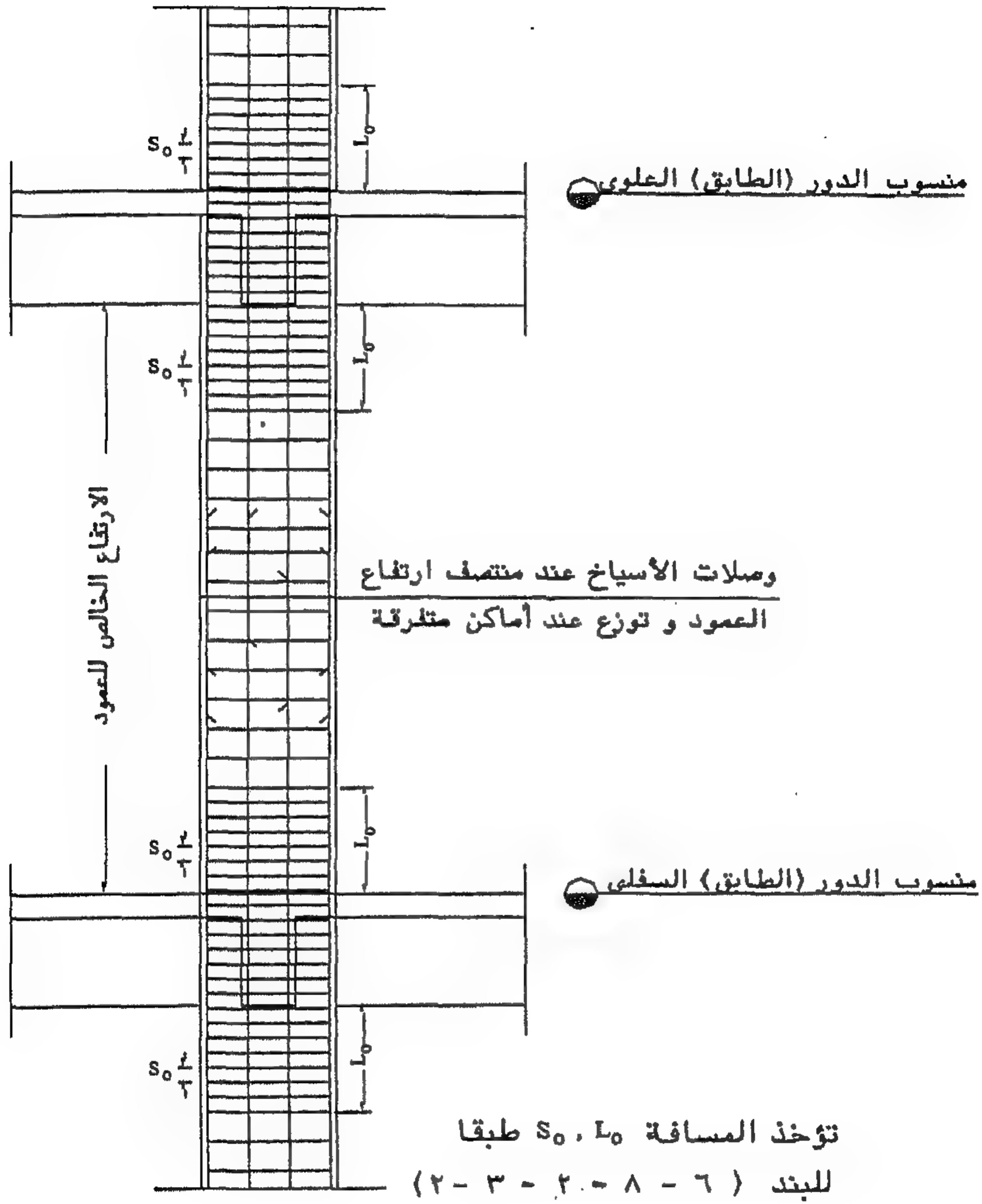
$\sum M_c$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للأعمدة فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه الكمرة باستخدام قيمة الحمل المحورى الذى يعطى أقل مقاومة عزوم.

$\sum M_g$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للكمرات فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود. وفى حالة الكمرات على شكل حرف T وعندما تكون البلاطة معرضة لقوى شد تحت

تأثير العزوم، تحسب المقاومة القصوى للكمرة بأخذ جزء من عرض البلاطة يساوى ثلاثة أمثال سمك البلاطة على كل من جانبي الكمرة بشرط أن يكون صلب تسليح البلاطة ممتداً بطول رباط مناسب بعد القطاع الحرج. ويتم جمع مقاومة العزوم بحيث تكون مقاومة عزوم الأعمدة في عكس اتجاه مقاومة عزوم الكمرات.

وفي حالة عدم تحقق هذا الشرط في عدد محدود من الوصلات فإنه يمكن إهمال تأثير العمود عند حساب جساءة ومقاومة المنشأ القصوى لأحمال الزلازل، على أنه يجب التأكد من استيفاء اشتراطات الممتطولية الخاصة بكانات العمود والمذكورة في البند (٦-٨-٢-٢-٣).

- د - يجب ألا تقل نسبة تسليح العمود عن ١%.
- هـ - في حالة عمل وصلات التراكب تكون في النصف الأوسط من ارتفاع العمود (شكل ٦-٧ ب).
- و - يجب أن تصمم وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد.
- ز - يُسمح بعمل وصلات لحام أو وصلات ميكانيكية عند أى قطاع خارج المناطق الحرجة بشرط استيفاء البند (٤-٢-٥-٤-٣)، كما يجب استيفاء وصلات اللحام لمتطلبات المواصفات القياسية.
- ح - يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة ويتم تحديد مساحة مقطع الكانة طبقاً لما هو وارد بالمعادلتين (6-57-a) ، (6-57-b)
- ط - تحسب قوى القص التصميمية القصوى بالأعمدة بفرض تولد عزوم انحناء في اتجاهين متضادين عند نهايتى العمود (شكل ٦-٤٠).



شكل (٧-٧-ب) تسليح الأعمدة للمنشآت ذات الممتدولية الكافية المعرضة لقوى أفقية كبيرة

٦-٨-٢-٣ وصلات الكمرات والأعمدة للإطارات

تحدد القوى في التسليح الطولى للكمات عند وجه العمود على أساس أن إجهاد الشد فى صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع مع استيفاء المتطلبات الواردة بالبند (٦-٦-٢).

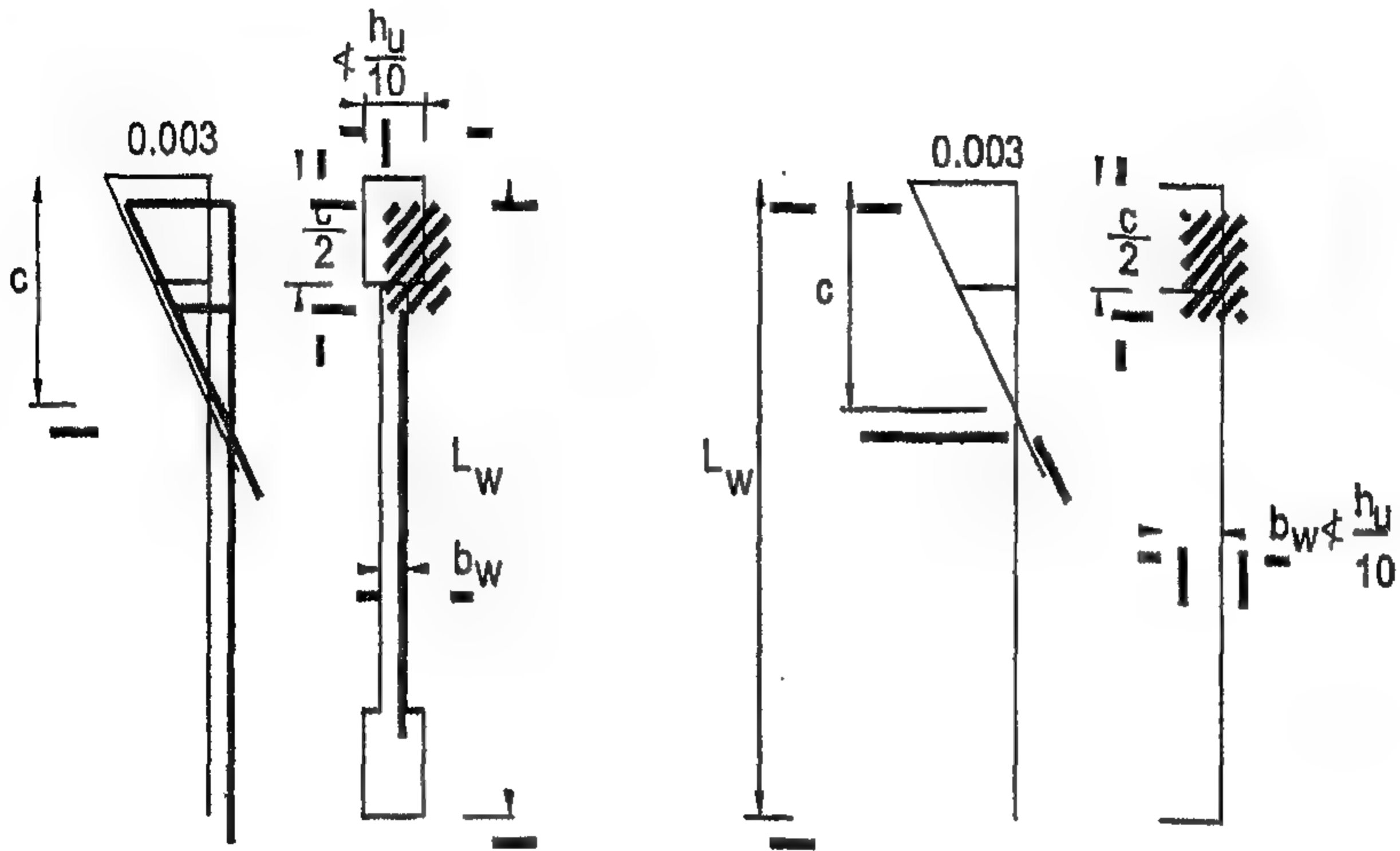
٦-٨-٣ اشتراطات حوائط القص

٦-٨-٣-١ المجال

- أ - تختص المتطلبات الواردة فى البند (٦-٨-٣) بتصميم الحوائط الإنشائية ذات الممطولية (حوائط القص ذات الممطولية) والتي تستخدم كجزء من النظام الإنشائى المقاوم للأحمال الجانبية الناتجة من الزلازل.
- ب - لا يسمح باستخدام التوصيات الواردة فى البند (٦-٥) إلا فى الحدود المذكورة فى هذا البند.

٦-٨-٣-٢ الأبعاد الخرسانية

- تحدد الأبعاد الخرسانية لحوائط القص بحيث تستوفى متطلبات البند (٦-٥-٥-٢-١)، على ألا يقل سمك الحائط عن $\frac{1}{10}$ من الارتفاع الصافى للدور فى المنطقة الحرجة، كما هو موضح فى شكل (٦-٤١).



أ- حائط منتظم السمك

ب- حائط مدعم بعنصر طرفي

شكل (٦ - ٤١) أقل سمك لقطاعات الحوائط في المنطقة الحرجة
(مسقط أفقي)

٦-٨-٣-٣ تسليح حوائط القص

يجب وضع صلب التسليح في الحائط على هيئة شبكتين على وجهي الحائط
وتحدد نسب التسليح الرأسى والأفقى الموزع طبقاً للبنيين (٦-٨-٣-٣-١) ، (٦-٨-٣-٣-٢) ويتم تركيز صلب تسليح رأسى طبقاً للبند (٦-٨-٣-٣-٣).

٦-٨-٣-٣-١ التسليح الرأسى الموزع

أ - أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى الموزع بالوجهين تساوى ٠.٢٥ %.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الرأسية على ٢٠٠ مم.

٦-٨-٣-٣-٢ التسليح الأفقى الموزع

أ - أدنى نسبة للتسليح الأفقى الكلى الموزع تساوى ٠.٢٥%.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الأفقية على ٢٠٠ مم.

ج- إذا كانت مساحة صلب التسليح الرأسى الموزع أكبر من ١% من مساحة القطاع، يضاف للتسليح الأفقى كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٨ مم أو ٠.٢٥ من قطر أسياخ التسليح الرأسى أيهما أكبر لربط التسليح الرأسى والأفقى معاً على جانبي الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط على الأقل فى المتر المسطح.

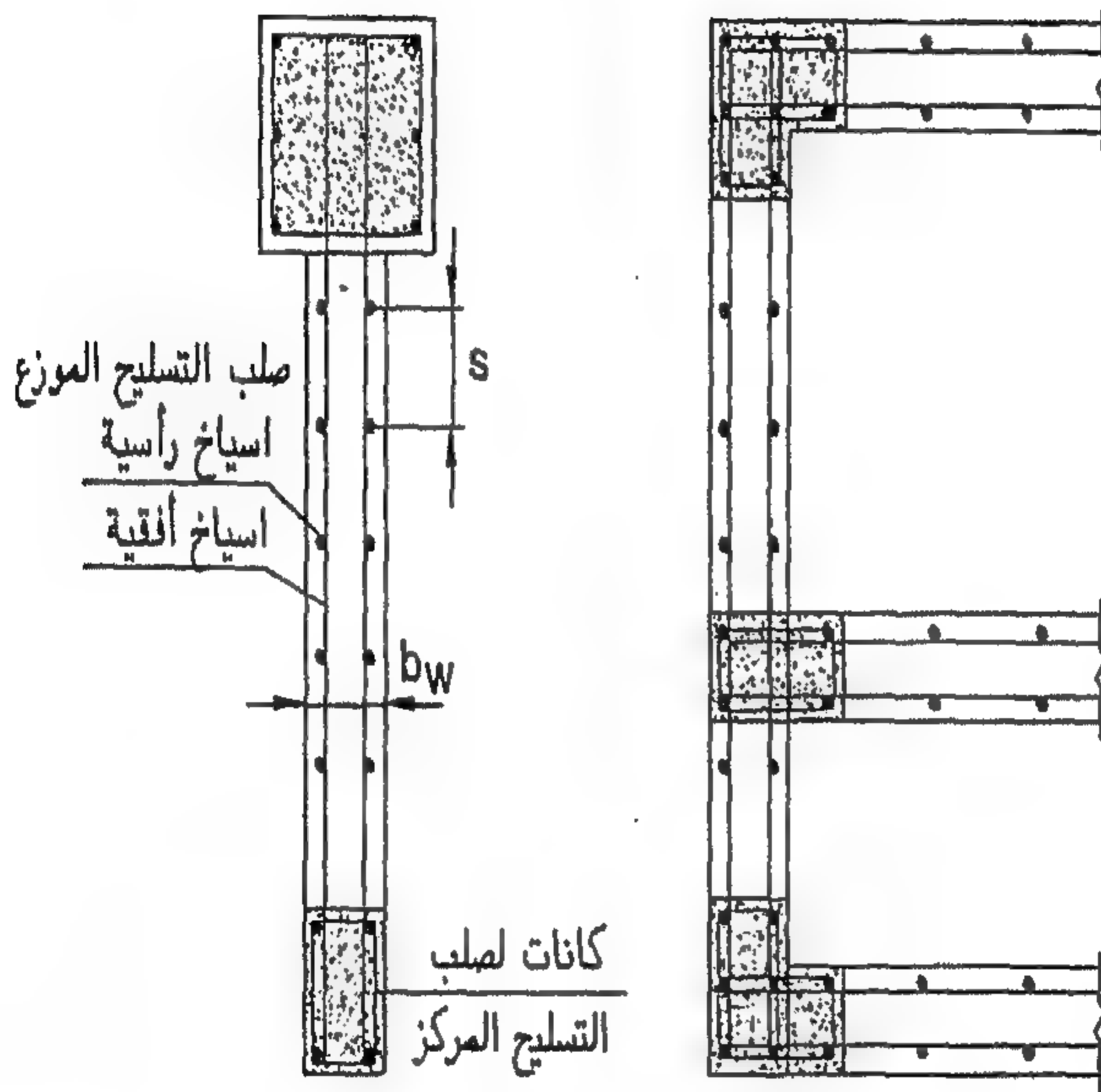
٦-٨-٣-٣-٣ التسليح الرأسى المركز

أ - يتم تركيز صلب تسليح رأسى فى كل نهاية من نهايات الحائط وكذلك فى الأركان وأماكن تقاطعات الحوائط مع بعضها البعض كما هو موضح بشكل (٤٢-٦).

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح الرأسى المستخدمة عن ١٢ مم.

ج- لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسى المركز خارج حدود المنطقة الحرجة عن ٠.١% من مساحة القطاع الخرسانى الكلى كما لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسى المركز فى المنطقة الحرجة عن ٠.٢% من مساحة القطاع الخرسانى الكلى للحائط.

- د - يتم ربط أسياخ التسليح الرأسى المركز بكانات تفى بالاشتراطات الواردة فى البند (٦-٨-٢-٣-٢).
وفى جميع الحالات يفضل تركيز أسياخ التسليح الرأسى فى الأماكن التى يزيد فيها الانفعال فى الخرسانة على ١٥٠٠٠٠.



شكل (٦ - ٤٢) : التسليح الرأسى الموزع والمركز فى حوائط القص (مسقط أفقى)

٦-٨-٣-٤ مقاومة الانحناء لحوائط القص

- أ - يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص باستخدام طريقة الحد الأقصى للمقاومة طبقاً للبند (٤-٢-١).

- ب - يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص بالأخذ فى الاعتبار كل من صلب التسليح الرأسى الموزع وصلب التسليح الرأسى المركز.

ج- يجب التأكد من أن المقاومة القصوى للانحناء لقطاع حائط القص لا تقل عن القيمة الأكبر من مقاومة التشرخ للقطاع أو العزوم القصوى المعرض لها القطاع.

٦-٨-٣-٥ مقاومة القص لحوائط القص

أ- يتم تحديد الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للحائط باستخدام المعادلة الآتية:

$$q_{u\max} = \left(0.9\alpha_c \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu_{st} \frac{f_y}{\gamma_s} \right) = \frac{Q_u}{b_w \times L_w}$$

(6 - 62)

حيث:

μ_{st} = نسبة التسليح الجذعي ويحسب من المعادلة (٤-٢٢).

$\alpha_c = 0.25$ في حالة $\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5$

$= 0.17$ في حالة $\frac{h_w}{L_w} \geq 2$

وتتغير خطياً بين ٠.٢٥ ، ٠.١٧ في حالة $1.5 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 2$

ب- في حوائط القص ذات الممتولية تحدد قوى القص التصميمية لحوائط القص على أساس أن إجهاد الشد في صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع وبالتالي تكون قوى القص التصميمية تساوى مرة وربع قوى القص المحسوبة من أحمال الزلازل.

ج- تهمل مقاومة الخرسانة في القص عند حساب المقاومة القصوى للحوائط في المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كلياً على أسياخ التسليح في مقاومة قوى القص التصميمية.

٦-٨-٣-٦ العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل

أ - يجب أن يتوفر حد أدنى من الممتدولية في العناصر الإنشائية التي لم يتم اعتبارها كجزء من النظام المقاوم للزلازل ولكنها في نفس الوقت معرضة لنفس تشكلات هذا النظام.

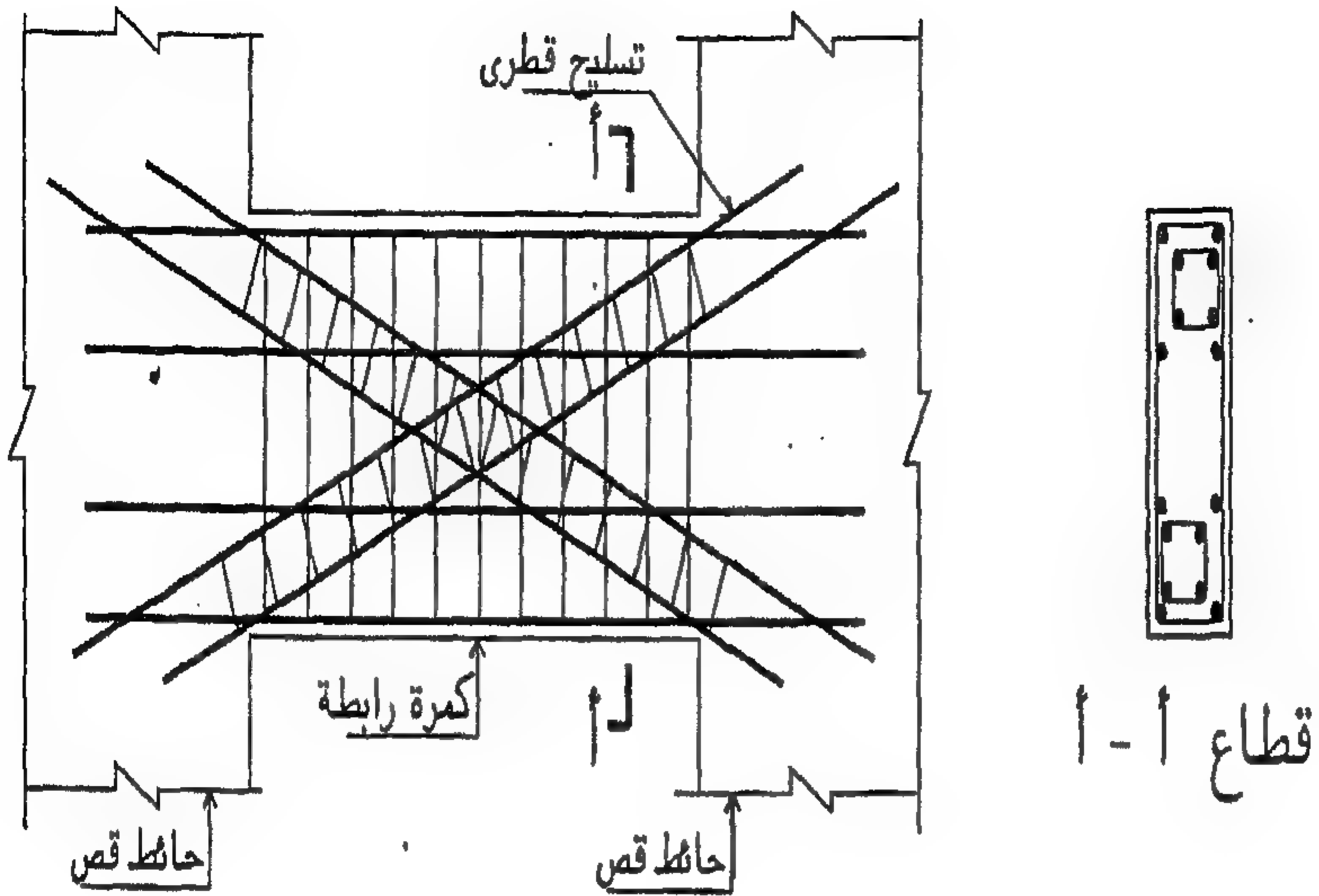
ب - تُصمم العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل لمقاومة العزوم والقوى القصوى الناتجة من تأثير الإزاحة الجانبية نتيجة للزلازل، أو عمل التصميم والتفاصيل التي تسمح بتكون مفصلات لدنة في هذه العناصر.

ج- يجب أن تتوفر كانات عرضية طبقاً للبند (٦-٨-٢-٢) أو البند (٦-٨-٨-٢) حتى يمكن تكون مفصلة لدنة في العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل.

٦-٨-٣-٧ الكمرات الرابطة بين حوائط القص المترابطة

أ - الكمرات الرابطة التي تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلي تساوى أو تزيد على ٤ يجب أن تفي بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-١-٣).

ب - الكمرات الرابطة التي تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلي تساوى أو تقل عن ٢ يتم تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتمائل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).



شكل (٤٣-٦) تفاصيل تسليح الكمره الرابطة بين حائطى قص مترابطين

ج- الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تقل عن ٤ و تزيد على ٢ يمكن تصميمها بحيث تفى بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١) أو تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).

د - الكمرات الرابطة التى يتم تسليحها باستخدام التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر يجب أن تفى بالمتطلبات الآتية:

- يجب ألا تقل كل مجموعة من الأسياخ القطرية عن ٤ أسياخ.
- يجب أن ترتبط كل مجموعة من الأسياخ القطرية بكانات تفى بما جاء بالبند (٦-٨-٢-٢-٣).

- يجب أن تمتد الأسياخ القطرية داخل الحائط بمقدار يساوى طول التماسك فى الشد.
- يحسب الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للكمرات الرابطة من المعادلة التالية:

$$q_u = \frac{2 A_{sd} f_y}{b d \gamma_s} \sin \alpha \leq 0.7 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$

(6-63)

حيث :

A_{sd} = مساحة مجموعة واحدة من الأسياخ القطرية.

α = زاوية ميل الأسياخ القطرية على محور الكمرة الرابطة.

هـ - يتم حساب المقاومة القصوى للانحناء للكمات الرابطة باعتبار مشاركة الأسياخ القطرية.

و - يجب استخدام صلب تسليح طولى وعرضى بالكمات الرابطة بحيث تفى بالمتطلبات الدنيا الواردة بالبندين (٤-٢-١-٢-ح) ، (٤-٢-٢-١-٦) على التوالى.

APPENDIX (3)

REVIEWED SEISMIC EVALUATION DOCUMENTS

REVIEWED SEISMIC EVALUATION DOCUMENTS

The objective of this part is to review various documents on seismic evaluation of existing buildings from different countries.

1- Adrian S. Scarlat Approach

Adrian S. Scarlat illustrates a approach to evaluate the existing buildings based on the main provisions given in FEMA 154. The seismic resistance of existing buildings may be evaluated at three levels, according to the required accuracy.

level I outside inspection

This is designed to be performed from the street, without entry to the building. This inspection is aimed at providing only statistical information regarding the seismic vulnerability of a large group of buildings.

level II First screening

This is based on visual inspection of the building. Accompanied by measurements of certain essential structural members at ground floor level only. The first screening yields a seismic index, which quantifies the approximate seismic resistance of the building and enables a decision to be taken as the need for further, more accurate investigation.

Level III Accurate analysis

This required when :

- the building is special importance.
- The first screening signals that the structure is probably unsafe for potential seismic hazard.

Level I outside inspection of existing buildings

Outside inspection can provide only statistical information. It makes possible a very quick and low cost but very approximate evaluation of buildings. The classification of the buildings is based on a structural score S

$$S = S_0 + \Delta S$$

Where S_0 is the basic score and ΔS are modifiers. The basic score S_0 depends on the type of the type of structure and the seismic zone factor Z

L, low risk , $Z < 0.1$

M, moderate risk $Z = 0.1-0.23$

$Z = \text{peak ground acc} / \text{gravity acceleration}$

The proposed values of the basic score S_0 are given in the table.

The modifiers depend on the parameters effect on the behavior of buildings under earthquakes. Table 2 illustrates the values of ΔS where give negative and positive values to the basic score and are identical for all types of structures and all seismic zones.

Finally structural score $S < 1$ denotes insufficient seismic resistance
 $S > 1$ denote satisfactory.

Level II first screening of existing buildings

This technique is based on statistical processing of data dealing with the behavior of RC structures during strong earthquakes. It was adopted in USA, China and New Zealand and Israel.

The basic assumptions are the following: no technical documentation is available, the structure is checked at ground floor only. The seismic resistance of a building is quantified by determining a seismic index (I) which has a safety factor

$$I_s = V_a / V$$

Where V is the probable seismic force and V_a is the resisting (allowable) force of the structure.

a) the seismic force V is determined as

$$V = CW$$

Where W is the total weight of the building above the ground floor and C is the seismic coefficient, given by

$$C = c' (1 + \sum f)$$

Where c' is the basic seismic coefficient and f are modifiers

For RC moment resisting frame

$$C' = \frac{1.5Z}{\sqrt{H}}$$

For other structures

$$C' = \frac{2.5Z}{\sqrt{H}}$$

Table 1 Basic Score S_0

Type of structure	Risk category		
	H	M	L
Wood frames	2.2	3	4.2
Steel moment-resisting frames	2	2.5	4.2
Braced steel frames	1.5	2	2.5
Concrete shear walls	2	2.5	3
Precast concrete large panels	1.5	2	2.5
Concrete frames	1	1.5	2
Precast concrete frames	0.5	1	1.5
Reinforced masonry	1.5	1.7	2
Infilled frames	0.7	1	1.5
Plain brick/stone masonry	0.3	0.5	0.7

Table (2) Modifiers ΔS

<i>Types of structure</i>	<i>Modifiers ΔS</i>
High-rise buildings (8 storeys or more)	- 0.5
Medium-rise buildings (4 - 7 storeys)	0
Low-rise buildings (3 storeys or less)	+ 0.3
Poor condition	- 0.3
Poor condition of precast concrete structures	- 0.5
Soft storey	- 1
Significant eccentricity	- 0.5
Pounding possible (for medium and high rise buildings only)	
Adjacent slabs at same level	- 0.2
Adjacent slabs at different levels	- 0.5
Heavy cladding (precast concrete or cut stone)	- 0.5
Short concrete columns	- 0.5
Year of construction	
Before 1960	- 0.5
1960- 1975	0
After 1975	+ 0.5
Type of soil	
S1 (Rock and stiff clay)	0
S2 (Sand, gravel)	- 0.2
S3 (Soft and medium soil or unknown)	- 0.3
S3 + high-rise building	- 0.4

H is the height of the building (m)

The modifiers f depend on the importance of the building, the type of foundation soil and on the degree of horizontal and vertical irregularities. Vary between -0.2 and +0.3

In seismic areas where $Z = 0.05$ $c = 2-10\%$

In seismic areas where $Z = 0.3$ $c = 5-20\%$

b) Resisting seismic force

The resisting seismic force $V_a = V_a (1 + \Sigma a)$

The basic allowable force V_a is determined as follows

- RC frames

$$V_{a,c} = 0.1 \frac{\sum (b_c h_c^2) f_{ck}}{\varepsilon h}$$

Where f_{ck} is the characteristic (cube) strength of the concrete, b_c , h_c are the dimensions of the columns at ground floor level; $\varepsilon = 0.7$ for regular beams and $\varepsilon = 1$ for slab beams; and h is the story height.

- Masonry

$$V_{a,m} = A_m \tau_a$$

Where A_m is the total horizontal area of the masonry at ground floor level in the given direction.

Classification of buildings

A building can be classified based on its seismic index I_x , into one of the following categories

- 1 $I > 1.3$ the building is safe and
- 2 $1.1 < I < 1.3$ a more accurate check is not urgently required
- 3 $0.9 < I < 1.1$ a more accurate check (according to the seismic code) is required
- 4 $I < 0.9$ a more accurate check is urgently required; strengthening of the building is probably needed.

Level III Accurate analysis of existing buildings

It is required either when the building is of special importance, or when the result of the first screening is unsatisfactory.

The structural analysis will be performed according to the methods and specifications included in the existing seismic codes for earthquake design including the present condition of the building.

A lower safety factor is usually allowed when checking existing structures, because the cost of strengthening an existing building is relatively high. FEMA (1988) recommends values of 0.67 for

structures with long periods and 0.85 for structures with short periods; in Romania values of 0.5-0.7 are recommended. We taken a value of 0.67

The forces F acting upon the structure are

$$F = 0.7 F^o (1 + m_d + m_c + m_h)$$

Where F^o represents the forces given by the code for the design of new structures, and m are modifiers as follows:

- m_d modifier to include the effect of the type of documentation.
- m_c , modifier to include the effect of the present condition of the structural elements.
- m_h , modifier to include the effect of pounding.

2 FEMA 310 - Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings: A Pre-Standard

FEMA 310 (1998) is probably the most advanced seismic evaluation procedure for buildings developed in USA in the recent years which grew out of earlier document NEHRP Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (FEMA 178). The evaluation procedure is based on rigorous approach to determine existing structural conditions. Buildings are evaluated for certain extent of structural damage that is expected in the building when subjected to earthquake. This level of damage (or Performance Level) is determined a priori by the design professional considering the importance of building and consequences of damage.

FEMA 310 considers two levels of performance defined as Life Safety and Immediate Occupancy during design earthquake.

Tier 1: Screening Phase

During the screening phase the design professional gets familiarized with the building, its potential deficiencies and its expected behavior, so that one can quickly decide whether the building complies with the provisions of the FEMA 310. This Tier 1 screening helps provides evaluation statements for structural, non-structural and foundation aspects in the form of checklists for the chosen level of performance and given region of seismicity. Initially based on the building data collected, one has to determine whether the building meets the requirements of concerned buildings codes (i.e., Benchmark Building Criteria). Non-benchmark buildings, which do not comply with respective building codes, the design professional has to follow and complete all checklists, whereas in case of benchmark buildings, evaluation steps concerning structural aspects can be ignored. After the completion of checklists, lists of deficiencies that are found to be non-compliant are compiled and further evaluation requirements are determined.

Tier 2: Evaluation Phase

For Tier 2, the design professional has two options: (a) a complete analysis of the building that addresses all of the deficiencies identified in Tier 1 or (b) a deficiency only analysis. This selection is based on the requirements of evaluation identified in Tier 1. In Tier 2 analysis and evaluation for the adequacy of the lateral-force-resisting system is performed. This analysis is limited to simplified linear analysis methods and it could be done using one of the common linear static or dynamic analysis methods.

Tier 3: Detailed Evaluation Phase

If deficiencies are identified in a Tier 2 evaluation, a Tier 3 evaluation is performed only if one finds that Tier 1 and/or Tier 2 evaluations are too conservative and there would be a significant economic or other advantage to a more detailed evaluation. Acceptable analysis procedures for such a detailed evaluation include linear and nonlinear methods for static or dynamic analysis of buildings. Expected performance of existing components can be evaluated by

comparing calculated demands on the components with their capacities.

Force levels used for above-mentioned Tier 2 and 3 analyses for evaluation of existing buildings are reduced from the conservative level used in design for new buildings by multiplying a factor of 0.75. This reduced force level is justified because (a) the actual strength of the components will be greater than that used in the evaluation and (b) an existing building does not need to have the same level of factor of safety as a new building since the remaining useful life of an existing building may be less than that of a new building.

3 New Zealand Draft Code – The Assessment and Improvement of the Structural Performance of Earthquake Risk Buildings

The document by New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE) is a draft code, which will be nominated in the New Zealand Building Code book (BIA 1996). NZDC begins with rapid evaluation procedure, which is based on a visual screening procedure of ATC 21 (1988) and can be carried out from external viewing of the building. The result of the rapid evaluation based on approximately fourteen structural criteria is presented in terms of a "structural score" which is an indicator of potential building damage. The total structural score has two components: (a) a basic structural score which reflects the standard used for original design and earthquake damage potential of the respective building types in their location of high, moderate or low seismicity zones and (b) a modification to the basic score on account of unfavorable characteristics present in the building. The intent of these vulnerability modifiers is to ensure that buildings with significant vulnerabilities are subjected to more detailed evaluation.

Further, the structural score is combined with the building area to decide whether a detailed assessment is required. The building area parameter reflects the occupant population and potential casualties

in the event of structural damage. This relationship is presented in a graph as shown in the Figure. The detailed structural assessment is performed at the component level.

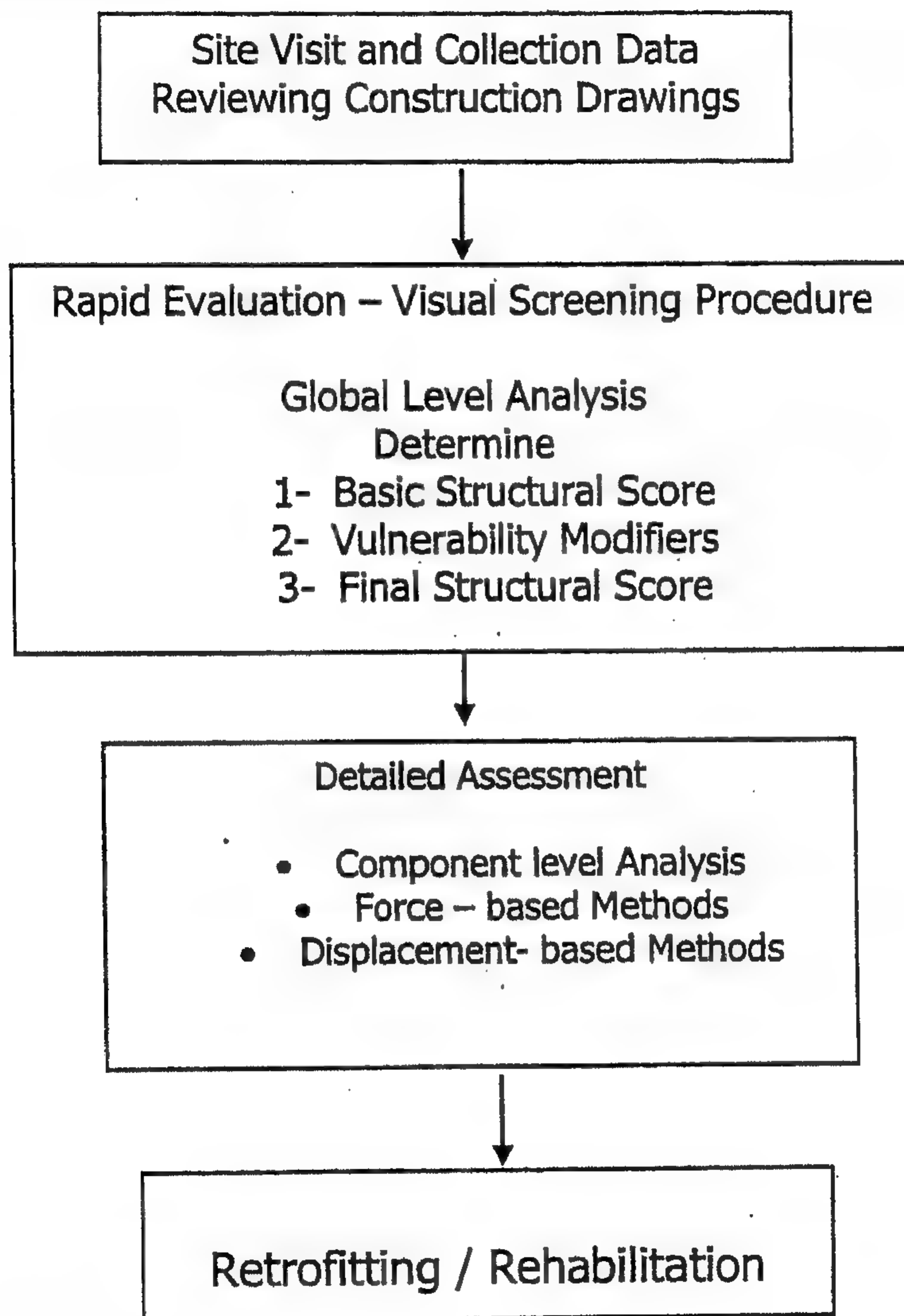


Fig. (1) New Zealand Draft Code – Evaluation (NZDC, 1996)

4 SERC Report – Formulation of Guidelines for Assessment of Strength and Performance of Existing Buildings & Recommendations on Retrofitting

This report is prepared by Structural Engineering Research Center (SERC), Chennai, on a sponsorship from the Building Materials and Technology Promotion Council (BMTPC), New Delhi. It presents guidelines for the assessment of strength and performance/safety of existing buildings for both masonry and multi-storied reinforced concrete structures. It also gives recommendations on retrofitting schemes for buildings to ensure resistance to earthquake forces.

The buildings are classified into five types as given below and an n -factor is assigned which accounts for the ductility and energy dissipation capacity of the building (i.e., a response reduction factor).

The assessment begins with a rapid evaluation procedure (Level 1), which is a modified FEMA 154 (1988) procedure to suit the Indian conditions. As per information gathered about the building, a Structural Score (S) is calculated, which is dependent on seismic zone, age of the building, number of stories, eccentricity, soil type and foundation types. This score essentially consists of two parts, namely, the basic structural score (SB) and the structural score modifier (SM). If the calculated structural score is greater than 1, then the specified Level 2 Structural Analysis is carried out. For the second level analysis a safety assessment procedure is given for each of the five defined building types. The procedure is very similar to FEMA 310–Tier 1 method of evaluation for finding structural deficiencies

5 - Euro Code 8: Design Provisions For Earthquake Resistance of Structures –Parts 1-4 General Rules for Strengthening and Repair of Buildings

This document is a European Prestandard, which was approved by CEN in 1995 as a prospective standard for provisional application (CEN 1995). The scope of this document is to provide criteria for the evaluation of the seismic performance of existing individual structures, to describe the approach in selecting necessary corrective measures and to set forth criteria for the design of the repair/strengthening measures.

The evaluation process consists of the verification of the seismic resistance of an existing damaged or undamaged building, taking into account both non-seismic and seismic actions, for the period of its intended lifetime. As per Eurocode, analysis and redesign of existing structures may be based on appropriately modified actions and possibly modified safety-factors (in comparison with the design of new structures) in order to account for smaller remaining life times, smaller uncertainty with respect to dead loads, and for properties of existing materials. In the analyses, a model uncertainty factor may be introduced covering the additional uncertainties related to the analysis of the pertinent structure; higher values should be used for higher damage levels. In order to calculate the design action-effects under the actual conditions of the structure, the standard method or the time-domain dynamic non-linear analysis is carried out. Static non-linear methods are adopted for plain masonry buildings.

After the analysis, a computational verification is made at the component level, which is based on the verification of all cross-sections. In case of time domain method, the post yield deformations should be higher than the corresponding demand values and the level of damage predicted for both structural and non-structural elements is also kept within acceptable limits. The document also gives details for structural interventions and decision-making. At the end it gives procedure for repair/strengthening of buildings.

6 - ASCE/SEI 31-03 – Seismic Evaluation of Existing Buildings

This standard is a publication of the American Society of Civil Engineers, which provides a process for seismic evaluation of existing buildings (ASCE 2003). This standard has evolved from and is intended to replace FEMA 310. It prescribes the three-tiered process for evaluating buildings as explained in FEMA 310. The checklists and acceptance criteria are same as in FEMA 310 and therefore, this document is not discussed further in this article

Finally, Durgesh C Rai concluded that, the review of various evaluation procedures indicates clearly that FEMA 310 and New Zealand Draft Code are more suitable for use in buildings of developing countries, which are not only difficult to classify in certain 'type buildings' but also their capacities can not be estimated with significant confidence. FEMA 310 provides a more generalized approach to seismic evaluation, which is thorough and provides several levels of assessment with varying degree of complexity suitable for a large class of structures. However, it requires a higher degree of understanding on the part of design professionals and at times can be confusing for the lack of specifics. On the other hand, NZDC is transparent and uses familiar basic principles as applicable to design of new buildings, though its approach is considerably non-generalized.

Eurocode 8 and UNIDO manual lack specific steps of assessment and leave a lot to the judgment of the design professional. It appears that FEMA 310 and NZDC approaches can be suitably combined to develop a transparent, reasonably rigorous and generalized procedure for seismic evaluation of buildings in developing countries such as India.

- 1- "Lexicon Universal Encyclopedia", 7/E, New York, 1986.
- 2- El-betar, S. A., "Seismic Behavior of Low-to-Moderate Rise Reinforced Concrete buildings", Ph.D. Thesis, Cairo Univ., 2002.
- 3- Lew, H. S., " Handbook for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings", National Institute of Standards and Technology, USA, 2006.
- 4-FEMA 154, " Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic hazards: A Handbook ", Fedral Emergency Management Agency, Washington DC, USA, 2002.
- 5- Scarlat, A. S., "Approximate Methods in Structural Seismic Design". E & FN SPON, London, 1996.
- 6- C Rai, C. D., " Review of Documents on Seismic Evaluation of Existing Buildings", IITK-GSDMA-EQ03-V1.0, Kanpur, India, 2005.
- 7- FEMA 310" Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandard", Fedral Emergency Management Agency, Washington DC, USA, 1998.
- 8- ASCE 31 03 "Seismic Evaluation of Existing Buildings", American Society of Civil Engineers, USA, 2003.
- 9- Bungale S. Taranath, " Reinforced Concrete Design of Tall Buildings" ASCE/SEI 41-06 ACI 318 – 05/08 , CRC Press.
- 10 – H.Sezen et al. "Structural Engineering Reconnaissance of the Kocaeli (Izmit) Turkey Earthquake of August 17-1999" Berkely : Pacific Earthquake Engineering Research Center: (Peer Report 2000 – 09) December 2000. 12-

- 11- Soliman, M. M., "Seismic Vulnerability Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings." Ph.D., Cairo Univ., Egypt, 1992.
- 12- ATC (1988), "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards," Applied Technology Council, California
- 13- BIS (2002), "IS 1893 (Part I)- Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures – Part I General Provisions and Buildings", Bureau of Indian Standards, New Delhi.
- 14- BSSC (1992), "FEMA 178 –NEHRP Handbook for the seismic evaluation of existing buildings," Building Seismic Safety Council, Washington, DC
- 15 –D'Ayla,D. and Charleson,A.W., (2002), "Review of seismic strengthening guidelines for R.C. buildings in developing countries," 12th European Conference on Earthquake Engineering, London, UK
- 16 –CEN (2001), "Eurocode 8 – Design Provisions for earthquake Resistance of Structures-Part 3", Brussels
- 17- SERC (2002), "Formulation of Guidelines for Assessment of Strength and Performance of Existing Buildings and Recommendations on Retrofitting Schemes to Ensure Resistance to Earthquakes", Structural Engineering Research Centre, September 2002, Chennai
- 18 –BIA (1996), "The Assessment and Improvement of the Structural Performance of Earthquake Risk Buildings – Draft for General Release", New Zealand National Society for Earthquake Engineering
- 19 –UNDP/UNIDO (1985), "Post-Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings under Seismic Conditions", Volume 4, Vienna

المراجع باللغة العربية

- ٢٠- الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية كود رقم ٢٠٣ - ٢٠٠٧
اصدار ٢٠٠٧.
- ٢١- الكود المصرى لحساب الأحمال و القوى فى الأعمال الإنشائية و أعمال
المباني كود رقم ٢٠١ طبعة ٢٠١٢.
- ٢٢- الكود المصرى لتصميم و تنفيذ اعمال المباني كود رقم ٢٠٤ - ٢٠٠٥.
- ٢٣- "استراتيجية الصيانة و أساليب التطبيق"، الهيئة العامة للأبنية التعليمية،
مصر، ١٩٩٥.
- ٢٤- ستيفن ل. كريم ترجمة د. عوض بن على سلطان القرنى " هندسة
الزلازل الجيوتقنية" جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ،
٢٠٠٤.
- ٢٥- د. فريال بو ربيع & الشیخة أمثال الأحمد الجابر الصباح، " الزلازل و تقليل
مخاطرها في دولة الكويت" مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، ٢٠٠٢.
- ٢٦- د. شاهر جمال آغا، "الزلازل حقيقتها و آثارها" عالم المعرفة، العدد ٢٠٠
، الكويت، ١٩٩٥.
- ٢٧- د. مصطفى محمود سليمان " الزلازل " الهيئة المصرية العامة للكتاب ،
١٩٩٦.
- ٢٨- د. عبد الله محمد العمرى "الزلازل" مجلة العلوم و التنمية، السعودية، ١٩٩٥.
- ٢٩- د. محمد شاذلى حداد "الخطر الزلزالي و وسائل تخفيفه" مجلة العلوم و
التنمية، السعودية، ١٩٩٥.

الفهرس

المقدمة : ٥

الفصل الأول :

• الزلازل ١١

الفصل الثاني :

• تاثير الزلازل على المباني ٣٧

الفصل الثالث :

• قابلية التهدم الزلزالي للمباني ٧٥

الفصل الرابع :

• التقييم الزلزالي للمباني ٨٧

الفصل الخامس :

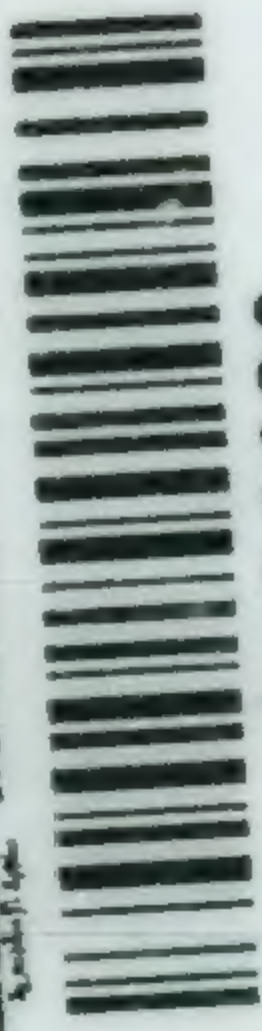
• التنبؤ بالزلازل ١١٥

ملحق (١)

• حساب أحمال الزلازل طبقا للكود المصرى لحساب الأحمال و

القوى فى الأعمال الإنشائية و أعمال المباني ٢٠١١ ١٢٧

2
Bibliotheca Alexandrina



1194136